

日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日 2002年11月 1日
Date of Application:

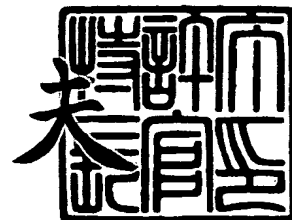
出願番号 特願2002-319267
Application Number:
[ST. 10/C]: [JP2002-319267]

出願人 株式会社 液晶先端技術開発センター
Applicant(s):

2003年10月 2日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今井 康



出証番号 出証特2003-3081165

【書類名】 特許願

【整理番号】 YJ-080

【あて先】 特許庁長官殿

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県横浜市戸塚区吉田町 2 9 2 番地 株式会社液晶
先端技術開発センター内

【氏名】 谷口 幸夫

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県横浜市戸塚区吉田町 2 9 2 番地 株式会社液晶
先端技術開発センター内

【氏名】 松村 正清

【特許出願人】

【識別番号】 501286657

【氏名又は名称】 株式会社液晶先端技術開発センター

【代理人】

【識別番号】 100095256

【弁理士】

【氏名又は名称】 山口 孝雄

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 033020

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0207610

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 結晶化装置および結晶化方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 マスクを照明する照明系を備え、前記マスクを介して逆ピークパターンの光強度分布を有する光を多結晶半導体膜または非晶質半導体膜に照射して結晶化半導体膜を生成する結晶化装置であって、

前記マスクは、前記逆ピークパターンの光強度分布に応じた光吸収特性を有する光吸収層を備えていることを特徴とする結晶化装置。

【請求項 2】 マスクを照明する照明系を備え、前記マスクを介して逆ピークパターンの光強度分布を有する光を多結晶半導体膜または非晶質半導体膜に照射して結晶化半導体膜を生成する結晶化装置であって、

前記マスクは、前記逆ピークパターンの光強度分布に応じた光散乱特性を有する光散乱層を備えていることを特徴とする結晶化装置。

【請求項 3】 前記光散乱層は、前記逆ピークパターンの光強度分布に応じた屈折率分布を有することを特徴とする請求項 2 に記載の結晶化装置。

【請求項 4】 前記光散乱層は、揮発成分を分散させた透明材料からなる層を形成した後に、前記揮発成分を揮発させることにより形成されていることを特徴とする請求項 3 に記載の結晶化装置。

【請求項 5】 前記光散乱層は、前記逆ピークパターンの光強度分布に応じた表面形状を有することを特徴とする請求項 2 に記載の結晶化装置。

【請求項 6】 マスクを照明する照明系を備え、前記マスクを介して逆ピークパターンの光強度分布を有する光を多結晶半導体膜または非晶質半導体膜に照射して結晶化半導体膜を生成する結晶化装置であって、

前記マスクは、前記逆ピークパターンの光強度分布に応じた光反射特性を有する光反射層を備えていることを特徴とする結晶化装置。

【請求項 7】 前記光反射層は、所定の層数分布にしたがって形成された多層反射膜を有することを特徴とする請求項 6 に記載の結晶化装置。

【請求項 8】 前記光反射層は、所定の厚さ分布にしたがって形成された金属反射膜を有することを特徴とする請求項 6 に記載の結晶化装置。

【請求項 9】 マスクを照明する照明系を備え、前記マスクを介して逆ピークパターンの光強度分布を有する光を多結晶半導体膜または非晶質半導体膜に照射して結晶化半導体膜を生成する結晶化装置であって、

前記マスクは、前記逆ピークパターンの光強度分布に応じた光屈折特性を有する光屈折層を備えていることを特徴とする結晶化装置。

【請求項 10】 前記光屈折層は、前記逆ピークパターンの光強度分布に応じた屈折率分布を有することを特徴とする請求項 9 に記載の結晶化装置。

【請求項 11】 前記光屈折層は、前記逆ピークパターンの光強度分布に応じた表面形状を有することを特徴とする請求項 9 に記載の結晶化装置。

【請求項 12】 マスクを照明する照明系を備え、前記マスクを介して逆ピークパターンの光強度分布を有する光を多結晶半導体膜または非晶質半導体膜に照射して結晶化半導体膜を生成する結晶化装置であって、

前記マスクは、前記逆ピークパターンの光強度分布に応じた光回折特性を有する光回折層を備えていることを特徴とする結晶化装置。

【請求項 13】 前記光回折層は、前記逆ピークパターンの光強度分布に応じた屈折率分布を有することを特徴とする請求項 12 に記載の結晶化装置。

【請求項 14】 前記光回折層は、前記逆ピークパターンの光強度分布に応じた表面形状を有することを特徴とする請求項 12 に記載の結晶化装置。

【請求項 15】 マスクを照明する照明系を備え、前記マスクを介して逆ピークパターンの光強度分布を有する光を多結晶半導体膜または非晶質半導体膜に照射して結晶化半導体膜を生成する結晶化装置であって、

前記マスクは、前記逆ピークパターンの光強度分布に応じた光吸収特性を有する光吸収層、前記逆ピークパターンの光強度分布に応じた光散乱特性を有する光散乱層、前記逆ピークパターンの光強度分布に応じた光反射特性を有する光反射層、前記逆ピークパターンの光強度分布に応じた光屈折特性を有する光屈折層、および前記逆ピークパターンの光強度分布に応じた光回折特性を有する光回折層から選択された第 1 層と、前記逆ピークパターンの光強度分布に応じた光吸収特性を有する光吸収層、前記逆ピークパターンの光強度分布に応じた光散乱特性を有する光散乱層、前記逆ピークパターンの光強度分布に応じた光反射特性を有す

る光反射層、前記逆ピークパターンの光強度分布に応じた光屈折特性を有する光屈折層、および前記逆ピークパターンの光強度分布に応じた光回折特性を有する光回折層から選択された第2層とを備えていることを特徴とする結晶化装置。

【請求項16】 マスクを照明する照明系を備え、前記マスクを介して逆ピークパターンの光強度分布を有する光を多結晶半導体膜または非晶質半導体膜に照射して結晶化半導体膜を生成する結晶化装置であって、

前記マスクは、前記逆ピークパターンの光強度分布に応じた光吸収特性を有する光吸収層、前記逆ピークパターンの光強度分布に応じた光散乱特性を有する光散乱層、前記逆ピークパターンの光強度分布に応じた光反射特性を有する光反射層、前記逆ピークパターンの光強度分布に応じた光屈折特性を有する光屈折層、および前記逆ピークパターンの光強度分布に応じた光回折特性を有する光回折層から選択された第1層と、位相シフト層とを備えていることを特徴とする結晶化装置。

【請求項17】 前記多結晶半導体膜または前記非晶質半導体膜と前記マスクとは互いに密着して配置されていることを特徴とする請求項1乃至8のいずれか1項に記載の結晶化装置。

【請求項18】 前記多結晶半導体膜または前記非晶質半導体膜と前記マスクとは互いにはほぼ平行に且つ近接して配置されていることを特徴とする請求項1乃至16のいずれか1項に記載の結晶化装置。

【請求項19】 前記多結晶半導体膜または前記非晶質半導体膜と前記マスクとの間の光路中に配置された結像光学系をさらに備え、

前記多結晶半導体膜または前記非晶質半導体膜は、前記マスクと光学的に共役な面から前記結像光学系の光軸に沿って所定距離だけ離れて設定されていることを特徴とする請求項1乃至16のいずれか1項に記載の結晶化装置。

【請求項20】 前記多結晶半導体膜または前記非晶質半導体膜と前記マスクとの間の光路中に配置された結像光学系をさらに備え、

前記多結晶半導体膜または前記非晶質半導体膜は、前記マスクと光学的にはほぼ共役な面に設定され、

前記結像光学系の像側開口数は、前記逆ピークパターンの光強度分布を発生さ

せるための所要の値に設定されていることを特徴とする請求項 1 乃至 16 のいずれか 1 項に記載の結晶化装置。

【請求項 2 1】 マスクを照明する照明系を備え、前記マスクを介して逆ピークパターンの光強度分布を有する光を多結晶半導体膜または非晶質半導体膜に照射して結晶化半導体膜を生成する結晶化装置であって、

前記マスクは、前記逆ピークパターンの光強度分布に応じた二値的分布特性を有し、空間周波数の高周波成分を除去することにより比較的連続的な光強度分布を得るように構成されていることを特徴とする結晶化装置。

【請求項 2 2】 前記高周波成分を除去するために、前記多結晶半導体膜または前記非晶質半導体膜と前記マスクとは互いにほぼ平行に且つ近接して配置されていることを特徴とする請求項 2 1 に記載の結晶化装置。

【請求項 2 3】 前記多結晶半導体膜または前記非晶質半導体膜と前記マスクとの間の光路中に配置された結像光学系をさらに備え、

前記高周波成分を除去するために、前記多結晶半導体膜または前記非晶質半導体膜は、前記マスクと光学的に共役な面から前記結像光学系の光軸に沿って所定距離だけ離れて設定されていることを特徴とする請求項 2 1 に記載の結晶化装置。

【請求項 2 4】 前記照明系は、所定の最大入射角を有する光束で前記マスクを照明することを特徴とする請求項 2 2 または 2 3 に記載の結晶化装置。

【請求項 2 5】 前記多結晶半導体膜または前記非晶質半導体膜と前記マスクとの間の光路中に配置された結像光学系をさらに備え、

前記多結晶半導体膜または前記非晶質半導体膜は、前記マスクと光学的にほぼ共役な面に設定され、

前記結像光学系は、前記高周波成分を除去するために所要の像側開口数に設定されていることを特徴とする請求項 2 1 に記載の結晶化装置。

【請求項 2 6】 前記多結晶半導体膜または前記非晶質半導体膜と前記マスクとの間の光路中に配置された結像光学系をさらに備え、

前記結像光学系は、前記高周波成分を除去するために所要の収差を有することを特徴とする請求項 2 1 に記載の結晶化装置。

【請求項 27】 マスクを照明し、前記マスクを介して逆ピークパターンの光強度分布を有する光を多結晶半導体膜または非晶質半導体膜に照射して結晶化半導体膜を生成する結晶化方法であって、

前記逆ピークパターンの光強度分布に応じた光吸収特性を有する光吸収層を備えたマスクを用いることを特徴とする結晶化方法。

【請求項 28】 マスクを照明し、前記マスクを介して逆ピークパターンの光強度分布を有する光を多結晶半導体膜または非晶質半導体膜に照射して結晶化半導体膜を生成する結晶化方法であって、

前記逆ピークパターンの光強度分布に応じた光散乱特性を有する光散乱層を備えたマスクを用いることを特徴とする結晶化方法。

【請求項 29】 マスクを照明し、前記マスクを介して逆ピークパターンの光強度分布を有する光を多結晶半導体膜または非晶質半導体膜に照射して結晶化半導体膜を生成する結晶化方法であって、

前記逆ピークパターンの光強度分布に応じた光反射特性を有する光反射層を備えたマスクを用いることを特徴とする結晶化方法。

【請求項 30】 マスクを照明し、前記マスクを介して逆ピークパターンの光強度分布を有する光を多結晶半導体膜または非晶質半導体膜に照射して結晶化半導体膜を生成する結晶化方法であって、

前記逆ピークパターンの光強度分布に応じた光屈折特性を有する光屈折層を備えたマスクを用いることを特徴とする結晶化方法。

【請求項 31】 マスクを照明し、前記マスクを介して逆ピークパターンの光強度分布を有する光を多結晶半導体膜または非晶質半導体膜に照射して結晶化半導体膜を生成する結晶化方法であって、

前記逆ピークパターンの光強度分布に応じた光回折特性を有する光回折層を備えたマスクを用いることを特徴とする結晶化方法。

【請求項 32】 マスクを照明し、前記マスクを介して逆ピークパターンの光強度分布を有する光を多結晶半導体膜または非晶質半導体膜に照射して結晶化半導体膜を生成する結晶化方法であって、

前記逆ピークパターンの光強度分布に応じた光吸収特性を有する光吸収層、前

記逆ピークパターンの光強度分布に応じた光散乱特性を有する光散乱層、前記逆ピークパターンの光強度分布に応じた光反射特性を有する光反射層、前記逆ピークパターンの光強度分布に応じた光屈折特性を有する光屈折層、および前記逆ピークパターンの光強度分布に応じた光回折特性を有する光回折層から選択された第1層と、前記逆ピークパターンの光強度分布に応じた光吸収特性を有する光吸収層、前記逆ピークパターンの光強度分布に応じた光散乱特性を有する光散乱層、前記逆ピークパターンの光強度分布に応じた光反射特性を有する光反射層、前記逆ピークパターンの光強度分布に応じた光屈折特性を有する光屈折層、および前記逆ピークパターンの光強度分布に応じた光回折特性を有する光回折層から選択された第2層とを備えたマスクを用いることを特徴とする結晶化方法。

【請求項 3 3】 マスクを照明し、前記マスクを介して逆ピークパターンの光強度分布を有する光を多結晶半導体膜または非晶質半導体膜に照射して結晶化半導体膜を生成する結晶化方法であって、

前記逆ピークパターンの光強度分布に応じた光吸収特性を有する光吸収層、前記逆ピークパターンの光強度分布に応じた光散乱特性を有する光散乱層、前記逆ピークパターンの光強度分布に応じた光反射特性を有する光反射層、前記逆ピークパターンの光強度分布に応じた光屈折特性を有する光屈折層、および前記逆ピークパターンの光強度分布に応じた光回折特性を有する光回折層から選択された第1層と、位相シフト層とを備えたマスクを用いることを特徴とする結晶化方法。

【請求項 3 4】 マスクを照明し、前記マスクを介して逆ピークパターンの光強度分布を有する光を多結晶半導体膜または非晶質半導体膜に照射して結晶化半導体膜を生成する結晶化方法であって、

前記逆ピークパターンの光強度分布に応じた二値的分布特性を有するマスクを用い、空間周波数の高周波成分を除去することにより比較的連続的な光強度分布を得ることを特徴とする結晶化方法。

【請求項 3 5】 所定面上において所定の光強度分布を形成するためのマスクであって、

前記マスクは、前記所定の光強度分布に応じた光吸収特性を有する光吸収層を

備えていることを特徴とするマスク。

【請求項 3 6】 所定面上において所定の光強度分布を形成するためのマスクであって、

前記マスクは、前記所定の光強度分布に応じた光散乱特性を有する光散乱層を備えていることを特徴とするマスク。

【請求項 3 7】 所定面上において所定の光強度分布を形成するためのマスクであって、

前記マスクは、前記所定の光強度分布に応じた光反射特性を有する光反射層を備えていることを特徴とするマスク。

【請求項 3 8】 所定面上において所定の光強度分布を形成するためのマスクであって、

前記マスクは、前記所定の光強度分布に応じた光屈折特性を有する光屈折層を備えていることを特徴とするマスク。

【請求項 3 9】 所定面上において所定の光強度分布を形成するためのマスクであって、

前記マスクは、前記所定の光強度分布に応じた光回折特性を有する光回折層を備えていることを特徴とするマスク。

【請求項 4 0】 請求項 3 5 乃至 3 9 のいずれか 1 項に記載のマスクを照明するための照明系を備え、

前記所定面に設置された基板上に前記所定の光強度分布を形成することを特徴とする露光方法。

【請求項 4 1】 前記基板と前記マスクとを互いに密着して配置することを特徴とする請求項 4 0 に記載の露光方法。

【請求項 4 2】 前記基板と前記マスクとを互いにほぼ平行に且つ近接して配置することを特徴とする請求項 4 0 に記載の露光方法。

【請求項 4 3】 前記基板と前記マスクとの間の光路中に結像光学系を配置し、

前記基板を前記マスクと光学的に共役な面から前記結像光学系の光軸に沿って所定距離だけ離れて設定することを特徴とする請求項 4 0 に記載の露光方法。

【請求項 44】 前記基板と前記マスクとの間の光路中に結像光学系を配置し、

前記結像光学系の像側開口数を前記所定の光強度分布を発生させるための所要の値に設定し、

前記マスクと光学的にほぼ共役な面に前記基板を設定することを特徴とする請求項 40 に記載の露光方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、結晶化装置および結晶化方法に関する。特に、本発明は、マスクを介したレーザ光を多結晶半導体膜または非晶質半導体膜に照射して結晶化半導体膜を生成する装置および方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

従来、たとえば液晶表示装置 (Liquid-Crystal-Display: LCD) の画素に印加する電圧を制御するスイッチング素子などに用いられる薄膜トランジスタ (Thin-Film-Transistor: TFT) の材料は、非晶質シリコン (amorphous-Silicon) と多結晶シリコン (poly-Silicon) とに大別される。

【0003】

多結晶シリコンは、非晶質シリコンよりも電子移動度が高い。したがって、多結晶シリコンを用いてトランジスタを形成した場合、非晶質シリコンを用いる場合よりも、スイッチング速度が速くなり、ひいてはディスプレイの応答が速くなる。また、周辺 LSI を薄膜トランジスタで構成することが可能になる。さらに、他の部品の設計マージンを減らせるなどの利点がある。また、ディスプレイ本体以外にドライバ回路や DAC などの周辺回路をディスプレイに組み入れる場合に、それらの周辺回路をより高速に動作させることができる。

【0004】

多結晶シリコンは結晶粒の集合からなるが、結晶シリコンに比べると電子移動度が低い。また、多結晶シリコンを用いて形成した小型のトランジスタでは、チ

チャンネル部における結晶粒界数のバラツキが問題となる。そこで、最近、電子移動度を向上させ且つチャンネル部における結晶粒界数のバラツキを少なくするために、大粒径の単結晶シリコンを生成する結晶化方法が提案されている。

【0005】

従来、この種の結晶化方法として、多結晶半導体膜または非晶質半導体膜と平行に近接させた位相シフトマスクにエキシマレーザ光を照射して結晶化半導体膜を生成する「位相制御 E L A (Excimer Laser Annealing)」が知られている。位相制御 E L A の詳細は、たとえば「表面科学 Vol.21, No.5, pp.278-287, 2000」に開示されている。

【0006】

位相制御 E L A では、位相シフトマスクの位相シフト部に対応する点において光強度がほぼ 0 の逆ピークパターン（中心において光強度がほぼ 0 で周囲に向かって光強度が急激に増大するパターン）の光強度分布を発生させ、この逆ピークパターンの光強度分布を有する光を多結晶半導体膜または非晶質半導体膜に照射する。その結果、光強度分布に応じて熔融領域に温度勾配が生じ、光強度がほぼ 0 の点に対応して最初に凝固する部分に結晶核が形成され、その結晶核から周囲に向かって結晶が横方向に成長（ラテラル成長）することにより大粒径の単結晶粒が生成される。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】

ところで、従来技術において一般に用いられる位相シフトマスクは、いわゆるライン型の位相シフトマスクであって、一方向に沿って交互に繰り返される 2 つの矩形状の領域で構成され、この 2 つの領域の間には π （180 度）の位相差が付与されている。この場合、図 22 に示すように、2 つの領域間の境界線 200 が位相シフト部を構成するため、位相シフト部に対応する線上位置において光強度がほぼ 0 で且つ周囲に向かって一次元的に光強度が増加するような逆ピークパターンの光強度分布が多結晶半導体膜または非晶質半導体膜上に形成されることになる。

【0008】

このように、ライン型の位相シフトマスクを用いる従来技術では、位相シフト部に対応する線に沿って温度分布が最も低くなるとともに、位相シフト部に対応する線と直交する方向に沿って温度勾配が発生する。また、2つの隣接した逆ピークパターン部の間の中間部における光強度分布は不規則なうねり（光強度の増大と減少とを繰り返すような波状分布）を伴うのが一般的である。

【0009】

この場合、逆ピークパターン部の光強度分布において傾斜の大きい位置に結晶核 210 が発生することが望ましいが、中間部のうねりにおいて光強度の低い位置に（すなわち望まない位置に）結晶核 220 が発生することがある。また、望ましい位置に結晶核が発生したとしても、結晶核から周囲に向かって開始したラテラル成長が、逆ピークパターン部と中間部との境界において光強度が減少する部分で停止してしまう。

【0010】

本発明は、前述の課題に鑑みてなされたものであり、所望の位置に結晶核を発生させることができるとともに、結晶核からの十分なラテラル成長を実現して大粒径の結晶化半導体膜を生成することのできる結晶化装置および結晶化方法を提供することを目的とする。

【0011】

【課題を解決するための手段】

前記課題を解決するために、本発明の第1形態では、マスクを照明する照明系を備え、前記マスクを介して逆ピークパターンの光強度分布を有する光を多結晶半導体膜または非晶質半導体膜に照射して結晶化半導体膜を生成する結晶化装置であって、

前記マスクは、前記逆ピークパターンの光強度分布に応じた光吸収特性を有する光吸収層を備えていることを特徴とする結晶化装置を提供する。

【0012】

本発明の第2形態では、マスクを照明する照明系を備え、前記マスクを介して逆ピークパターンの光強度分布を有する光を多結晶半導体膜または非晶質半導体膜に照射して結晶化半導体膜を生成する結晶化装置であって、

前記マスクは、前記逆ピークパターンの光強度分布に応じた光散乱特性を有する光散乱層を備えていることを特徴とする結晶化装置を提供する。

【0013】

本発明の第3形態では、マスクを照明する照明系を備え、前記マスクを介して逆ピークパターンの光強度分布を有する光を多結晶半導体膜または非晶質半導体膜に照射して結晶化半導体膜を生成する結晶化装置であって、

前記マスクは、前記逆ピークパターンの光強度分布に応じた光反射特性を有する光反射層を備えていることを特徴とする結晶化装置を提供する。

【0014】

本発明の第4形態では、マスクを照明する照明系を備え、前記マスクを介して逆ピークパターンの光強度分布を有する光を多結晶半導体膜または非晶質半導体膜に照射して結晶化半導体膜を生成する結晶化装置であって、

前記マスクは、前記逆ピークパターンの光強度分布に応じた光屈折特性を有する光屈折層を備えていることを特徴とする結晶化装置を提供する。

【0015】

本発明の第5形態では、マスクを照明する照明系を備え、前記マスクを介して逆ピークパターンの光強度分布を有する光を多結晶半導体膜または非晶質半導体膜に照射して結晶化半導体膜を生成する結晶化装置であって、

前記マスクは、前記逆ピークパターンの光強度分布に応じた光回折特性を有する光回折層を備えていることを特徴とする結晶化装置を提供する。

【0016】

本発明の第6形態では、マスクを照明する照明系を備え、前記マスクを介して逆ピークパターンの光強度分布を有する光を多結晶半導体膜または非晶質半導体膜に照射して結晶化半導体膜を生成する結晶化装置であって、

前記マスクは、前記逆ピークパターンの光強度分布に応じた光吸収特性を有する光吸収層、前記逆ピークパターンの光強度分布に応じた光散乱特性を有する光散乱層、前記逆ピークパターンの光強度分布に応じた光反射特性を有する光反射層、前記逆ピークパターンの光強度分布に応じた光屈折特性を有する光屈折層、および前記逆ピークパターンの光強度分布に応じた光回折特性を有する光回折層

から選択された第1層と、前記逆ピークパターンの光強度分布に応じた光吸収特性を有する光吸収層、前記逆ピークパターンの光強度分布に応じた光散乱特性を有する光散乱層、前記逆ピークパターンの光強度分布に応じた光反射特性を有する光反射層、前記逆ピークパターンの光強度分布に応じた光屈折特性を有する光屈折層、および前記逆ピークパターンの光強度分布に応じた光回折特性を有する光回折層から選択された第2層とを備えていることを特徴とする結晶化装置を提供する。

【0017】

本発明の第7形態では、マスクを照明する照明系を備え、前記マスクを介して逆ピークパターンの光強度分布を有する光を多結晶半導体膜または非晶質半導体膜に照射して結晶化半導体膜を生成する結晶化装置であって、

前記マスクは、前記逆ピークパターンの光強度分布に応じた光吸収特性を有する光吸収層、前記逆ピークパターンの光強度分布に応じた光散乱特性を有する光散乱層、前記逆ピークパターンの光強度分布に応じた光反射特性を有する光反射層、前記逆ピークパターンの光強度分布に応じた光屈折特性を有する光屈折層、および前記逆ピークパターンの光強度分布に応じた光回折特性を有する光回折層から選択された第1層と、位相シフト層とを備えていることを特徴とする結晶化装置を提供する。

【0018】

本発明の第8形態では、マスクを照明する照明系を備え、前記マスクを介して逆ピークパターンの光強度分布を有する光を多結晶半導体膜または非晶質半導体膜に照射して結晶化半導体膜を生成する結晶化装置であって、

前記マスクは、前記逆ピークパターンの光強度分布に応じた二値的分布特性を有し、空間周波数の高周波成分を除去することにより比較的連続的な光強度分布を得るように構成されていることを特徴とする結晶化装置を提供する。

【0019】

本発明の第9形態では、マスクを照明し、前記マスクを介して逆ピークパターンの光強度分布を有する光を多結晶半導体膜または非晶質半導体膜に照射して結晶化半導体膜を生成する結晶化方法であって、

前記逆ピークパターンの光強度分布に応じた光吸収特性を有する光吸収層を備えたマスクを用いることを特徴とする結晶化方法を提供する。

【0020】

本発明の第10形態では、マスクを照明し、前記マスクを介して逆ピークパターンの光強度分布を有する光を多結晶半導体膜または非晶質半導体膜に照射して結晶化半導体膜を生成する結晶化方法であって、

前記逆ピークパターンの光強度分布に応じた光散乱特性を有する光散乱層を備えたマスクを用いることを特徴とする結晶化方法を提供する。

【0021】

本発明の第11形態では、マスクを照明し、前記マスクを介して逆ピークパターンの光強度分布を有する光を多結晶半導体膜または非晶質半導体膜に照射して結晶化半導体膜を生成する結晶化方法であって、

前記逆ピークパターンの光強度分布に応じた光反射特性を有する光反射層を備えたマスクを用いることを特徴とする結晶化方法を提供する。

【0022】

本発明の第12形態では、マスクを照明し、前記マスクを介して逆ピークパターンの光強度分布を有する光を多結晶半導体膜または非晶質半導体膜に照射して結晶化半導体膜を生成する結晶化方法であって、

前記逆ピークパターンの光強度分布に応じた光屈折特性を有する光屈折層を備えたマスクを用いることを特徴とする結晶化方法を提供する。

【0023】

本発明の第13形態では、マスクを照明し、前記マスクを介して逆ピークパターンの光強度分布を有する光を多結晶半導体膜または非晶質半導体膜に照射して結晶化半導体膜を生成する結晶化方法であって、

前記逆ピークパターンの光強度分布に応じた光回折特性を有する光回折層を備えたマスクを用いることを特徴とする結晶化方法を提供する。

【0024】

本発明の第14形態では、マスクを照明し、前記マスクを介して逆ピークパターンの光強度分布を有する光を多結晶半導体膜または非晶質半導体膜に照射して

結晶化半導体膜を生成する結晶化方法であって、

前記逆ピークパターンの光強度分布に応じた光吸収特性を有する光吸収層、前記逆ピークパターンの光強度分布に応じた光散乱特性を有する光散乱層、前記逆ピークパターンの光強度分布に応じた光反射特性を有する光反射層、前記逆ピークパターンの光強度分布に応じた光屈折特性を有する光屈折層、および前記逆ピークパターンの光強度分布に応じた光回折特性を有する光回折層から選択された第1層と、前記逆ピークパターンの光強度分布に応じた光吸収特性を有する光吸収層、前記逆ピークパターンの光強度分布に応じた光散乱特性を有する光散乱層、前記逆ピークパターンの光強度分布に応じた光反射特性を有する光反射層、前記逆ピークパターンの光強度分布に応じた光屈折特性を有する光屈折層、および前記逆ピークパターンの光強度分布に応じた光回折特性を有する光回折層から選択された第2層とを備えたマスクを用いることを特徴とする結晶化方法を提供する。

【0025】

本発明の第15形態では、マスクを照明し、前記マスクを介して逆ピークパターンの光強度分布を有する光を多結晶半導体膜または非晶質半導体膜に照射して結晶化半導体膜を生成する結晶化方法であって、

前記逆ピークパターンの光強度分布に応じた光吸収特性を有する光吸収層、前記逆ピークパターンの光強度分布に応じた光散乱特性を有する光散乱層、前記逆ピークパターンの光強度分布に応じた光反射特性を有する光反射層、前記逆ピークパターンの光強度分布に応じた光屈折特性を有する光屈折層、および前記逆ピークパターンの光強度分布に応じた光回折特性を有する光回折層から選択された第1層と、位相シフト層とを備えたマスクを用いることを特徴とする結晶化方法を提供する。

【0026】

本発明の第16形態では、マスクを照明し、前記マスクを介して逆ピークパターンの光強度分布を有する光を多結晶半導体膜または非晶質半導体膜に照射して結晶化半導体膜を生成する結晶化方法であって、

前記逆ピークパターンの光強度分布に応じた二値的分布特性を有するマスクを

用い、空間周波数の高周波成分を除去することにより比較的連続的な光強度分布を得ることを特徴とする結晶化方法を提供する。

【 0 0 2 7 】

本発明の第 1 7 形態では、所定面上において所定の光強度分布を形成するためのマスクであって、

前記マスクは、前記所定の光強度分布に応じた光吸収特性を有する光吸収層を備えていることを特徴とするマスクを提供する。

【 0 0 2 8 】

本発明の第 1 8 形態では、所定面上において所定の光強度分布を形成するためのマスクであって、

前記マスクは、前記所定の光強度分布に応じた光散乱特性を有する光散乱層を備えていることを特徴とするマスクを提供する。

【 0 0 2 9 】

本発明の第 1 9 形態では、所定面上において所定の光強度分布を形成するためのマスクであって、

前記マスクは、前記所定の光強度分布に応じた光反射特性を有する光反射層を備えていることを特徴とするマスクを提供する。

【 0 0 3 0 】

本発明の第 2 0 形態では、所定面上において所定の光強度分布を形成するためのマスクであって、

前記マスクは、前記所定の光強度分布に応じた光屈折特性を有する光屈折層を備えていることを特徴とするマスクを提供する。

【 0 0 3 1 】

本発明の第 2 1 形態では、所定面上において所定の光強度分布を形成するためのマスクであって、

前記マスクは、前記所定の光強度分布に応じた光回折特性を有する光回折層を備えていることを特徴とするマスクを提供する。

【 0 0 3 2 】

本発明の第 2 2 形態では、第 1 7 形態～第 2 1 形態のマスクを照明するための

照明系を備え、

前記所定面に設置された基板上に前記所定の光強度分布を形成することを特徴とする露光方法を提供する。

【0033】

【発明の実施の形態】

本発明の実施形態を、添付図面に基づいて説明する。

図1は、本発明の第1実施形態にかかる結晶化装置の構成を概略的に示す図である。第1実施形態の結晶化装置は、マスク1を照明する照明系2を備えている。照明系2は、たとえば248nmの波長を有する光を供給するKrFエキシマレーザ光源2aを備えている。なお、光源2aとして、XeClエキシマレーザ光源のような他の適当な光源を用いることもできる。光源2aから供給されたレーザ光は、ビームエキスパンダ2bを介して拡大された後、第1フライアイレンズ2cに入射する。

【0034】

こうして、第1フライアイレンズ2cの後側焦点面には複数の光源が形成され、これらの複数の光源からの光束は第1コンデンサー光学系2dを介して、第2フライアイレンズ2eの入射面を重畳的に照明する。その結果、第2フライアイレンズ2eの後側焦点面には、第1フライアイレンズ2cの後側焦点面よりも多くの複数の光源が形成される。第2フライアイレンズ2eの後側焦点面に形成された複数の光源からの光束は、第2コンデンサー光学系2fを介して、マスク1を重畳的に照明する。

【0035】

ここで、第1フライアイレンズ2cおよび第1コンデンサー光学系2dは第1ホモジナイザを構成し、この第1ホモジナイザによりマスク1上での入射角度に関する均一化が図られる。また、第2フライアイレンズ2eおよび第2コンデンサー光学系2fは第2ホモジナイザを構成し、この第2ホモジナイザによりマスク1上での面内位置に関する均一化が図られる。したがって、照明系2はほぼ均一な光強度分布を有する光をマスク1に照射する。

【0036】

マスク 1 を介したレーザ光は、マスク 1 と平行に且つ近接して配置された被処理基板 3 に照射される。ここで、被処理基板 3 は、たとえば液晶ディスプレイ用板ガラスの上に化学気相成長法により下地膜および非晶質シリコン膜を形成することにより得られる。換言すれば、マスク 1 は、非晶質半導体膜と対向するように設定されている。被処理基板 3 は、真空チャックや静電チャックなどにより基板ステージ 4 上において所定の位置に保持されている。

【0037】

図 2 は、第 1 実施形態におけるマスクの基本単位部分の構成および作用を概略的に示す図である。図 2 を参照すると、マスク 1 の基本単位部分 1 a は、たとえば石英ガラスで形成された平行平板状の透明基板 1 b と、所定の光吸収材で形成されて所定の表面形状を有する光吸収層 1 c とにより構成されている。なお、図 2 では図面の明瞭化のためにマスク 1 の基本単位部分 1 a だけを示しているが、マスク 1 は実際にはこの基本単位部分 1 a が透過率分布の方向（図 2 中水平方向）に沿って一次元的に繰り返された形態を有する。この点は、以下の各変形例および実施形態にかかるマスクにおいても同様である。

【0038】

ここで、光吸収材として、たとえばハーフトーン型位相シフトマスクで用いられる材料、すなわち MoSi 、 MoSiON 、 ZrSiO 、 a-Carbon 、 SiN/TiN 、 TiSiN 、 Cr などを用いることができる。マスク 1 を製造するには、たとえば石英ガラスからなる透明基板 1 b の上に、たとえば ZrSiO からなる光吸収膜を均一に形成した後、光吸収膜の表面にレジストを塗布する。そして、ドーズ量を連続的に変えて電子ビーム描画および現像処理を施して連続的な曲面形状を有するレジスト膜を生成した後、ドライエッチング技術を用いることにより、連続的な曲面形状の表面を有する光吸収層 1 c を備えたマスク 1 を得ることができる。

【0039】

なお、上述の製造方法において、例えば光吸収膜の形成およびパターンニングを複数回に亘って繰り返すことにより、段差形状の表面（たとえば 8 レベル段差で近似された表面）を有する光吸収層 1 c を備えたマスク 1 を得ることもできる。

こうして、照明系 2 によりほぼ均一な光強度分布を有する光でマスク 1 を照明すると、被処理基板 3 の表面 3 a には、光吸収層 1 c の凸部の中心に対応する位置において光強度が最も小さく、その周囲に向かって光強度が単調に増加するような光強度分布、すなわち逆ピークパターン（あるいは凹型パターン）の光強度分布が形成される。

【0040】

以上のように、第 1 実施形態では、所望の逆ピークパターンの光強度分布に応じた光吸収特性を有する光吸収層 1 c を備えたマスク 1 を用いているので、被処理基板 3 上で得られる光強度分布の形態を全体的に制御することができ、図 2 に示すように中央から周囲に向かって光強度が単調に増加するような光強度分布を得ることができる。その結果、第 1 実施形態では、逆ピークパターンの光強度分布のほぼ中央において傾斜の大きい位置（すなわち所望の位置）に結晶核を発生させることができ、従来技術とは異なり中間部において光強度が減少する部分が存在しないので、ラテラル成長が途中で停止することなく大きな結晶の成長を実現することができる。こうして、第 1 実施形態では、所望の位置に結晶核を発生させることができるとともに、結晶核からの十分なラテラル成長を実現して大粒径の結晶化半導体膜を生成することができる。

【0041】

図 3 は、第 1 変形例にかかるマスクの基本単位部分の構成および作用を概略的に示す図である。また、図 4 は、図 3 の光散乱層の作用を概略的に示す図である。図 3 を参照すると、第 1 変形例にかかるマスク 11 の基本単位部分 11 a は、たとえば石英ガラスで形成された平行平板状の透明基板 11 b と、所望の逆ピークパターンの光強度分布に応じた光散乱特性を有する光散乱層 11 c とにより構成されている。光散乱層 11 c に光散乱特性を付与するには、光散乱層 11 c の表面に照明光の波長オーダーの微細な凹凸形状（表面レリーフ）を形成する手法と、光散乱層 11 c の内部に所定の微細な屈折率分布を形成する手法とが考えられる。

【0042】

なお、光散乱層 11 c に光が入射すると、図 4 に示すように、分散されること

なく直接透過する光（直接透過光）と、後方へ散乱する光（後方散乱光）と、前方へ散乱する光（前方散乱光）とが発生する。ここで、前方散乱光が被処理基板 3 の表面 3 a に達してノイズになる可能性もあるが、その場合、マスク 1 1 と被処理基板 3 との間に一定の間隔を確保すれば、表面 3 a に達する前方散乱光の強度分布はほぼ均一になる。こうして、基本的には、第 1 変形例にかかるマスク 1 1 の直接透過光の分布が、被処理基板 3 の表面 3 a に形成される光強度分布と対応することになる。

【0043】

図 5 は、光の散乱について基本的に説明する図である。一般に、波長程度の粒子による散乱は、ミーの散乱理論により計算することができる。図 5 を参照すると、強度 I_0 の平行ビームが厚さ L の物質を通過した場合の強度 I は、次の式（1）で表わされる。式（1）において、 σ は減衰係数であり、次の式（2）で表わされる。

$$I = I_0 e^{-\sigma L} \quad (1)$$

$$\sigma = N K \pi a^2 \quad (2)$$

【0044】

ここで、 N は単位体積当りの粒子数であり、 a は粒子の半径である。また、 K は粒子の散乱効率であって、ミーの散乱理論により計算される値である。粒子の半径 a が波長以上の場合、 K の値は 4 ～ 2 程度である。一例として、粒子の半径 a を $0.39 \mu\text{m}$ とし、単位体積当りの粒子数 N を $0.24 / \mu\text{m}^3$ とし、粒子の散乱効率 K を 2.0 (近似) とすると、減衰係数 σ は $0.23 / \mu\text{m}$ となる。したがって、 N の密度で粒子が分布する厚さ $L = 10 \mu\text{m}$ の膜を透過した後の光強度 I は、 $I = I_0 e^{-\sigma L} = 0.1 \times I_0$ となり、すなわち入射光の強度 I_0 の $1/10$ の光強度となる。

【0045】

こうして、上記の計算式（1）に従って減衰係数 σ もしくは材料の厚み L を分布させることにより、光強度の分布を制御することができることになる。なお、粒子の半径 a を大きくするほど減衰係数 σ を大きくすることができるが、それに伴って後方散乱光に比較して前方散乱光が増えて基板 3 に達する散乱光成分（＝

ノイズ) も増えるので、この点を考慮して設計する必要がある。

【0046】

図6は、第1変形例にかかるマスクの製造実施例および使用実施例を概略的に説明する図である。図6を参照すると、第1変形例では、マスク11の基材としての石英ガラス基板11bの上に、金型12を用いた樹脂モールドにより、凹凸形状の樹脂13を生成した。金型12は、Ni板に対して機械切削することにより形成された原版である。ここで、凹凸のピッチを $10\mu\text{m}$ とし、深さを $5\mu\text{m}$ とした。この凹凸形状の樹脂13の上に、有機SOG膜（スピノンガラス、例えばアルコキシシランをアルキル基で置換したもの）14を、この材料に相溶性を持たない揮発性物質としてキシレン15を加えた後に、スピコートイングにより形成した。

【0047】

次いで、乾燥により揮発性物質15を揮発させることにより、平均半径が約 $0.4\mu\text{m}$ の微細な空隙16を生成した。このとき、SOG膜14の表面は平坦になるため、SOG膜14の膜厚分布は樹脂モールド層13の層厚分布に依存することになるが、この例ではSOG膜14の最も厚い部分が約 $10\mu\text{m}$ になるように設定した。SOG膜14の屈折率は約1.5であり、空隙（空気）16の屈折率が1であり、この屈折率の差が散乱を起す。こうして製造されたマスク11を被処理基板3から $20\mu\text{m}$ 離れた位置に保持し、XeClエキシマレーザ光（波長 308nm ）でほぼ垂直方向からマスク11を照明した。その結果、所望の逆ピークパターン（凹型パターン）の光強度分布を形成し、大粒径の結晶を生成することができた。このとき、前方散乱光が発生したが、被処理基板3の表面においてほぼ均一になり、その影響を無視することができた。

【0048】

図7は、第2変形例にかかるマスクの基本単位部分の構成および作用を概略的に示す図である。図7を参照すると、第2変形例にかかるマスク21の基本単位部分21aは、たとえば石英ガラスで形成された平行平板状の透明基板21bと、所望の逆ピークパターンの光強度分布に応じた光反射特性を有する光反射層21cとにより構成されている。光反射層21cは、所定の層数分布にしたがっ

て形成された多層反射膜として構成されている。

【0049】

多層反射膜は、屈折率の異なる誘電体を交互に積層させた構成を有し、基本的に光の吸収がないので、1から反射率を引いた値が透過率となる。したがって、層数の多い部分において反射率が大きく（透過率が小さく）なり、層数の少ない部分において反射率が小さく（透過率が大きく）なる。ただし、多層反射膜の層数と反射率の値との関係は、厳密な計算により求める必要がある。

【0050】

なお、光反射層 21c を、所定の厚さ分布にしたがって形成された金属反射膜として構成することもできる。しかしながら、この場合、極端に薄い金属反射膜においてその厚さ分布を制御することが必要であり、その実施は比較的困難である。こうして、基本的には、第2変形例にかかるマスク 21 の反射率分布が、被処理基板 3 の表面 3a に形成される光強度分布と対応することになる。

【0051】

図8は、第2変形例にかかるマスクの製造実施例および使用実施例を概略的に説明する図である。図8を参照すると、第2変形例では、マスク 21 の基材としての石英ガラス基板 21b の上に MgF_2 と ZnS とを交互に蒸着することにより、多層反射膜 21c を生成した。そして、多層反射膜 21c の上に電子線用レジスト 22 をスピコートした。その後、電子線描画装置によりドーズ量（照射量）を連続的に変化させながら照射して現像することにより、凹凸形状のレジスト膜 22 を得た。

【0052】

次いで、レジスト膜 22 および多層反射膜 21c に対してドライエッチングを行なうことにより、所定の層数分布を有する多層反射膜 21c を得た。ここで、層数の多い部分は高反射率すなわち低透過率になり、逆に層数の少ない部分は低反射率すなわち高透過率になる。こうして製造されたマスク 21 を被処理基板 3 から $20\mu m$ 離れた位置に保持し、XeCl エキシマレーザ光（波長 $308nm$ ）でほぼ垂直方向からマスク 21 を照明した。その結果、所望の逆ピークパターン（凹型パターン）の光強度分布を形成し、大粒径の結晶を生成することができ

た。

【0053】

図9は、第3変形例にかかるマスクの基本単位部分の構成および作用を概略的に示す図である。図9を参照すると、第3変形例にかかるマスク31の基本単位部分31aは、たとえば石英ガラスで形成された平行平板状の透明基板31bと、所望の逆ピークパターンの光強度分布に応じた光屈折特性を有する光屈折層31cとにより構成されている。光屈折層31cに光屈折特性を付与するには、光屈折層31cの表面を所要の曲面状に形成する手法と、光屈折層31cの内部に所定の屈折率分布を形成する手法とが考えられる。

【0054】

第3変形例にかかるマスク31を製造するには、たとえば石英ガラス基板の表面にレジストを塗布し、ドーズ量を連続的に変えて電子ビーム描画および現像処理を施して、連続的な曲面形状を有するレジスト膜を生成する。その後、ドライエッチング技術を用いることにより、連続的な曲面形状の屈折面を有するマスク31を得ることができる。なお、上述の製造方法において、例えばレジスト膜の形成およびパターンニングを複数回に亘って繰り返すことにより、段差形状の屈折面を有するマスク31を得ることもできる。

【0055】

図10は、第3変形例にかかるマスクの屈折面を段差形状に形成した場合に得られる光強度分布に関するシミュレーション結果を示す図である。このシミュレーションでは、第3変形例にかかるマスク31の屈折面を、位相差が22.5度～180度に相当する8レベル段差で近似している。また、照明系2の開口数を0.025に設定し、マスク31から40 μ mだけ間隔を隔てて配置された被処理基板3上における光強度分布を計算により求めている。図10に示すように、マスク31の屈折面を多段近似しても、全体的に所望の逆ピークパターン（凹型パターン）の光強度分布が得られた。

【0056】

図11は、第4変形例にかかるマスクの基本単位部分の構成および作用を概略的に示す図である。図11を参照すると、第4変形例にかかるマスク41の基本

単位部分 41a は、たとえば石英ガラスで形成された平行平板状の透明基板 41b と、所望の逆ピークパターンの光強度分布に応じた光回折特性を有する光回折層 41c とにより構成されている。光回折層 41c に光回折特性を付与するには、光回折層 41c の表面を所要の形状に形成する手法と、光回折層 41c の内部に所定の屈折率分布または光吸収率分布を形成する手法とが考えられる。回折効率（光利用効率）の高いマスクを実現するには、光吸収率分布を形成する手法よりも、表面を所要の形状に形成する手法や屈折率分布を形成する手法の方が好ましい。

【0057】

光回折層 41c は、いわゆる回折格子（もしくはホログラム）として実現される。第 4 変形例にかかるマスク 41 では、回折格子（もしくはホログラム）により光を回折し、所定の距離を隔てた被処理基板 3 上で所要の光強度分布を形成する。この場合、回折格子（もしくはホログラム）は、一種類の干渉縞が設けられたものと、複数の干渉縞が重ねて設けられたものとに分けられる。また、マスク面での散乱機能の有無により、マスク面で散乱のない非散乱型とマスク面で散乱のある散乱型とに分けられる。以下、マスク面で散乱のない非散乱型の場合、すなわち干渉縞が一種類の場合について簡単に説明する。

【0058】

図 12 は、第 4 変形例にかかるマスクの基本的な回折作用を概略的に説明する図である。図 12 を参照すると、マスク面に形成された周期 d の回折格子（もしくはホログラム）に入射角 θ で入射した光は、回折作用を受けて射出角 ϕ で射出される。ここで、入射角 θ と射出角 ϕ との関係は、次の回折の式（3）で表わされる。

$$\sin \theta + \sin \phi = m \lambda / d \quad (3)$$

【0059】

ここで、式（3）において、 m は回折次数であり、 λ は光の波長である。第 4 変形例では、式（3）を参照し、所定の距離だけ間隔を隔てた被処理基板 3 の表面 3a において所望の光強度分布が得られるように、マスク面での回折格子のピッチ d および方向を計算で求めればよいことになる。

【0060】

図13は、第4変形例にかかるマスクの製造実施例および使用実施例を概略的に説明する図である。第4変形例のマスク41では、第2変形例と同様な方法（ただし多層反射膜の代わりに石英ガラス基板をエッチング）により、図13に示すようなブレード型の回折格子を生成した。この種の回折格子はホログラム光学素子や回折光学素子と呼ばれ実用化されている。この回折格子は一次元方向にピッチが変わっており、その焦点位置に線状に集光する機能を有する。こうして製造された非散乱型（一種類の干渉縞）のマスク41を被処理基板3から焦点距離Dだけ離れた位置に保持し、XeClエキシマレーザ光（波長308nm）ではほぼ垂直方向から所定の最大入射角を有する非平行光束（散乱光束）の状態でもマスク41を照明した。

【0061】

その結果、所望の逆ピークパターン（凹型パターン）の光強度分布を形成し、大粒径の結晶を生成することができた。このような回折型マスクをホログラム的な露光により作製することもできる。その場合、線状の物体光をスリットやシリンドリカルレンズなどの光学的な手段で生成し、その線状の物体光と参照光との干渉縞をホログラム用感光材料に記録すればよい。ホログラム的に記録する方法を用いても、あるいは上述の計算により作製する方法を用いても、散乱型および非散乱型のうちいずれの形態も実現可能である。

【0062】

なお、上述の実施形態および変形例では、マスクの基本単位部分が一次元的な光強度分布を形成し、マスクは光強度分布の方向に沿って基本単位部分が一次的に繰り返された形態を有する。しかしながら、これに限定されることなく、マスクの基本単位部分が二次元的な光強度分布を形成し、マスクが光強度分布の方向に沿って基本単位部分が二次元的に繰り返された形態を有するように構成することもできる。

【0063】

図14は、本発明の第2実施形態にかかる結晶化装置の構成を概略的に示す図である。第2実施形態は第1実施形態と類似の構成を有するが、第2実施形態で

はマスク 1 と被処理基板 3 とが互いに密着して配置されている点が第 1 実施形態と基本的に相違している。上述したように、いわゆる近接（デフォーカス）法にしたがう第 1 実施形態では、光吸収型のマスク 1、光散乱型のマスク 11、光反射型のマスク 21、光屈折型のマスク 31、および光回折型のマスク 41 を用いることができる。

【0064】

これに対し、いわゆる密着（コンタクト）法にしたがう第 2 実施形態では、光吸収型のマスク 1、光散乱型のマスク 11、および光反射型のマスク 21 を用いることができるが、光屈折型のマスク 31 および光回折型のマスク 41 を用いることができない。また、上述したように、前方散乱光が被処理基板 3 に達してノイズを形成する場合には、第 2 実施形態において光散乱型のマスク 11 を用いることができない。

【0065】

図 15 は、本発明の第 3 実施形態にかかる結晶化装置の構成を概略的に示す図である。第 3 実施形態は第 1 実施形態と類似の構成を有するが、第 3 実施形態ではマスク 1 と被処理基板 3 との間の光路中に結像光学系 5 を備えている点が第 1 実施形態と基本的に相違している。以下、第 1 実施形態との相違点に着目して、第 3 実施形態を説明する。なお、図 15 では、図面の明瞭化のために、照明系 2 の内部構成の図示を省略している。

【0066】

第 3 実施形態では、図 15 に示すように、被処理基板 3 はマスク 1 と光学的に共役な面（結像光学系 5 の像面）から光軸に沿って所定距離だけ離れて設定されている。なお、結像光学系 5 は、屈折型の光学系であってもよいし、反射型の光学系であってもよいし、屈折反射型の光学系であってもよい。いわゆる投影デフォーカス法にしたがう第 3 実施形態においても第 1 実施形態と同様に、光吸収型のマスク 1、光散乱型のマスク 11、光反射型のマスク 21、光屈折型のマスク 31、および光回折型のマスク 41 を用いることができる。

【0067】

ところで、第 1 実施形態および第 2 実施形態では被処理基板 3 におけるアブレ

ーションに起因してマスク 1 が汚染され、ひいては良好な結晶化が妨げられることがある。これに対して、第 3 実施形態では、マスク 1 と被処理基板 3 との間に結像光学系 5 が介在し且つ被処理基板 3 と結像光学系 5 との間隔も比較的大きく確保されているので、被処理基板 3 におけるアブレーションの影響を受けることなく良好な結晶化を実現することができる。

【0068】

また、第 3 実施形態では、マスク 1 と被処理基板 3 との間に設定すべき間隔が非常に小さい（たとえば数 μm ～数百 μm ）ので、マスク 1 と被処理基板 3 との間の狭い光路中に位置検出のための検出光を導入することが困難であり、ひいてはマスク 1 と被処理基板 3 との間隔を調整することが困難である。これに対して、第 3 実施形態では、被処理基板 3 と結像光学系 5 との間隔が比較的大きく確保されているので、その間の光路中に位置検出のための検出光を導入して、被処理基板 4 と結像光学系 5 との位置関係を調整することが容易である。

【0069】

図 16 は、本発明の第 4 実施形態にかかる結晶化装置の構成を概略的に示す図である。第 4 実施形態は第 3 実施形態と類似の構成を有するが、第 4 実施形態では結像光学系 6 を介してマスク 1 と被処理基板 3 とが光学的に共役に配置されている点が第 3 実施形態と基本的に相違している。以下、第 3 実施形態との相違点に着目して、第 4 実施形態を説明する。なお、図 16 においても、図面の明瞭化のために、照明系 2 の内部構成の図示を省略している。

【0070】

第 4 実施形態では、結像光学系 6 は、その瞳面に配置された開口絞り 6a を備えている。開口絞り 6a は、開口部（光透過部）の大きさの異なる複数の開口絞りを有し、これらの複数の開口絞りは光路に対して交換可能に構成されている。あるいは、開口絞り 6a は、開口部の大きさを連続的に変化させることのできる虹彩絞りを有する。いずれにしても、開口絞り 6a の開口部の大きさ（ひいては結像光学系 6 の像側開口数）は、被処理基板 3 の半導体膜上において所要の逆ピークパターンの光強度分布を発生させるように設定されている。

【0071】

いわゆる投影NA法にしたがう第4実施形態においても第1実施形態および第3実施形態と同様に、光吸収型のマスク1、光散乱型のマスク11、光反射型のマスク21、光屈折型のマスク31、および光回折型のマスク41を用いることができる。また、第4実施形態においても第3実施形態と同様に、被処理基板3におけるアブレーションの影響を受けることなく良好な結晶化を実現することができるとともに、被処理基板3と結像光学系6との位置関係を調整することが容易である。

【0072】

図17は、本発明の第5実施形態にかかる結晶化装置の要部構成および作用を概略的に示す図である。第5実施形態は第1実施形態と類似の構成を有するが、第5実施形態ではマスク51が2つの機能層を有する点が第1実施形態と基本的に相違している。第5実施形態にかかるマスク51（図17では不図示）の基本単位部分51aは、図17に示すように、所望の逆ピークパターンの光強度分布に応じた光屈折特性を有する光屈折層51bと、所望の逆ピークパターンの光強度分布に応じた光吸収特性を有する光吸収層51cとを備えている。

【0073】

ここで、被処理基板3（図17では不図示）の表面3aから間隔を隔てて配置された光屈折層51bは、表面3aにおいて図中破線で示すような緩やかな逆ピークパターン（凹型パターン）の光強度分布を形成する機能を有する。一方、被処理基板3の表面3aに非常に近接して（あるいは密着して）配置された光吸収層51cは、表面3aにおいて光屈折層51bよりも急峻な逆ピークパターン（不図示）の光強度分布を形成する機能を有する。

【0074】

その結果、マスク51を用いる第5実施形態では、光屈折層51bの作用と光吸収層51cの作用との合成により、図17において実線で示すように、2段逆ピークパターンの光強度分布が被処理基板3の半導体膜上において得られる。図17に示す2段逆ピークパターンの光強度分布では、光強度がほぼ0の位置から周囲に向かって急激に光強度が増加して所定の値に達した後、さらに周囲に向かって光強度がほぼ単調に増加している。

【0075】

第5実施形態では、2段逆ピークパターンの光強度分布において光強度がほぼ0の部分の近傍に結晶核が形成される。次いで、結晶核から、光強度勾配（ひいては温度勾配）の大きい方向に沿って且つ周囲に向かってラテラル成長が開始される。このとき、2段逆ピークパターンの光強度分布では、従来技術とは異なり中間部において光強度が減少する部分が実質的に存在しないので、ラテラル成長が途中で停止することなく大きな結晶の成長を実現することができる。

【0076】

また、光吸収層51cのみで2段逆ピークパターンの光強度分布を得ようとする、光吸収層51cの膜厚変化は非常に大きくなるが、第5実施形態では2つの機能層の組み合わせを利用しているので、光吸収層51cの膜厚分布が不要になるか、あるいは非常に小さくなるという利点がある。同様に、光屈折層51bのみで2段逆ピークパターンの光強度分布を実現しようとする、光屈折層51bの表面形状または屈折率分布は非常に複雑になるが、2つの機能層の組み合わせを利用しているので、光屈折層51bは凹型パターンの光強度分布を形成すればよく、比較的単純な表面形状または屈折率分布で十分である。

【0077】

なお、上述の第5実施形態では、光屈折層51bと光吸収層51cとを有するマスク51を用いているが、これに限定されることなく、2つの異なる機能層または2つの同じ機能層を有するマスクを用いることもできる。具体的には、マスクを構成する第1機能層として、光吸収層、光散乱層、光反射層、光屈折層、および光回折層から任意の機能層を選択することができる。また、マスクを構成する第2機能層として、光吸収層、光散乱層、光反射層、光屈折層、光回折層、位相シフト層から任意の機能層を選択することができる。

【0078】

また、上述の第5実施形態では、光屈折層51bと光吸収層51cとを間隔を隔てて配置させているが、これに限定されることなく、2つの機能層を一体的に形成することもできるし、2つの機能層の配置については様々な変形例が可能である。具体的には、たとえば光吸収材に屈折面を付与する場合には、光吸収層と

光屈折層とが一体的に形成されていることになる。また、たとえば光吸収材に位相シフト面を付与する場合には、光吸収層と位相シフト層とが一体的に形成されていることになる。さらに、上述の第5実施形態では、デフォーカス法にしたがう結晶化装置および方法に本発明を適用しているが、これに限定されることなく、密着法、投影デフォーカス法、または投影NA法にしたがう結晶化装置および方法に対しても本発明を適用することができる。

【0079】

図18は、光反射層と光吸収層とにより一体的に構成されたマスクの製造実施例および使用実施例について概略的に説明する図である。図18を参照すると、この製造実施例では、第1実施形態の第2変形例に関連して説明した方法（図8を参照）により、たとえば石英ガラス基板52上に所定の層数分布を有する多層反射膜からなる光反射層53を形成した。次いで、光反射層53の上にスパッタによりクロム層を形成し、レジスト塗布、露光、現像およびエッチングを行って、クロムパターンからなる光吸収層54を形成した。

【0080】

こうして製造されたマスク55を被処理基板3に密着させた位置に保持し、あるいは被処理基板3から所定距離だけ離れた位置に保持し、XeClエキシマレーザ光（波長308nm）でほぼ垂直方向からマスク55を照明した。その結果、所望の2段逆ピークパターンの光強度分布を形成し、大粒径の結晶を生成することができた。ここで、光反射層53は緩やかな逆ピークパターン（凹型パターン）の光強度分布を形成する機能を有し、光吸収層54は急峻な逆ピークパターンの光強度分布を形成する機能を有する。

【0081】

図19は、本発明の第6実施形態にかかる結晶化装置の要部構成および作用を概略的に示す図である。第6実施形態は第1実施形態と類似の構成を有するが、第6実施形態ではマスク61が二値的分布特性を有する点が第1実施形態と基本的に相違している。第6実施形態にかかるマスク61（図19では不図示）の基本単位部分61aでは、図19（a）に示すように、たとえば石英ガラス基板61bの上に微小な光吸収単位領域61cが、所定のドット分布にしたがって離散

的に形成されている。

【0082】

したがって、マスク 6 1 の射出面では、図 1 9 (b) に示すように、短冊状の不連続な光強度分布が得られる。しかしながら、マスク 6 1 の射出面から間隔を隔てた被処理基板 3 (図 1 9 では不図示) の表面 3 a では、そのデフォーカスを利用して空間周波数の高周波成分を除去することにより、図 1 9 (c) に示すように、比較的連続的な逆ピークパターンの光強度分布を得ることができる。

【0083】

なお、上述の第 6 実施形態では、所定の分布にしたがって形成された微小な光吸収単位領域 6 1 c を用いているが、これに限定されることなく、たとえば所定の分布にしたがって形成された微小な光散乱単位領域や微小な光反射単位領域を用いることもできる (ただし、微小な光屈折単位領域や微小な光回折単位領域を用いることはできない)。すなわち、一般には、材料的または構造的に連続的な分布特性に代えて二値的な構造を有するマスクを利用し、空間周波数の高周波成分をカット (除去) することにより、連続的な光強度分布を得ることができる。この場合、材料的または構造的に連続的な分布を実現するという困難な加工が不要になる。

【0084】

また、上述の第 6 実施形態では、マスク 6 1 の射出面から被処理基板 3 の表面 3 a を離間させることにより高周波成分を除去しているが、これに限定されることなく、たとえば被処理基板とマスクとの間の光路中に配置された結像光学系を介してマスクと光学的に共役な面から被処理基板を離間させることにより高周波成分を除去することもできる。また、特にデフォーカス法や投影デフォーカス法において、所定の最大入射角を有する非平行光束でマスクを照明することにより、高周波成分を除去することもできる。

【0085】

さらに、結像光学系を介して被処理基板とマスクとを光学的にほぼ共役に配置し、結像光学系の像側開口数を所要の値に設定することにより、高周波成分を除去することもできる。また、被処理基板とマスクとの間の光路中に配置された結

像光学系に所要の収差を付与することにより、高周波成分を除去することもできる。

【0086】

以下、結像光学系の像側開口数を所要の値に設定することにより高周波成分を除去する場合について簡単に説明する。結像光学系を介した像の複素振幅分布 $I(u, v)$ は、次の式 (4) に示すように、物体 (マスク) の複素振幅分布 $O(u, v)$ と点像の複素振幅分布 (点像分布関数) $ASF(u, v)$ とのたたみこみ積分で表わされる。なお、式 (4) において、「 \int 」は積分記号である。

$$I(u, v) = \iint \{O(u', v') ASF(u-u', v-v')\} du' dv' \quad (4)$$

【0087】

ここで、点像分布関数 ASF は、瞳関数のフーリエ変換で与えられる。すなわち、結像光学系の像側開口数が小さいと、点像分布関数がより広い分布を有することになり、ひいては像のボケが大きくなる。これは、物体の空間周波数の内の高周波成分がカットされるということであり、一種のハイカットフィルターとして機能することになる。その結果、物体がバイナリーなものであっても、高周波成分がカットされて、連続的な光強度分布が得られる。

【0088】

図 20 は、二値的分布特性を有するマスクの製造実施例および使用実施例について概略的に説明する図である。この製造実施例では、マスクとしてクロムマスクを用いている。すなわち、図 20 に示すように、全体として中心から離れるに従って開口率が増えるようなパターンに基づいて、微小なクロム領域を二値的に分布させることによりマスクの基本単位部分 61a を作製した。なお、クロムマスクの場合、クロム層は光吸収層として機能すると同時に光反射層としても機能する。

【0089】

こうして製造されたマスクを投影 NA 法に適用し、結像光学系の像側開口数を 0.05 に設定することにより、高周波成分をカットした。その結果、所望の逆ピークパターン (凹型パターン) または 2 段ピークパターンの光強度分布を形成し、大粒径の結晶を生成することができた。なお、図 20 の例では一方の方向の

開口率のみ変調させているが、他方の方向の開口率のみ変調させることもできるし、両方の方向に沿って開口率を二次元的に変調させることもできる。また、一定の大きさを有する微小開口の密度を変調させることもできる。

【0090】

なお、上述の各実施形態において、光強度分布は設計の段階でも計算できるが、実際の被処理面（被露光面）での光強度分布を観察して確認しておくことが望ましい。そのためには、被処理面を光学系で拡大し、CCDなどの撮像素子で入力すれば良い。使用光が紫外線の場合は、光学系が制約を受けるため、被処理面に蛍光板を設けて可視光に変換しても良い。

【0091】

図21は、各実施形態の結晶化装置を用いて電子デバイスを作製する工程を示す工程断面図である。図21(a)に示すように、絶縁基板80（例えば、アルカリガラス、石英ガラス、プラスチック、ポリイミドなど）の上に、下地膜81（例えば、膜厚50nmのSiNおよび膜厚100nmのSiO₂積層膜など）および非晶質半導体膜82（例えば、膜厚50nm～200nm程度のSi, Ge, SiGeなど）を、化学気相成長法やスパッタ法などを用いて成膜することにより、被処理基板3を準備する。そして、各実施形態の結晶化装置を用いて、非晶質半導体膜82の表面の一部もしくは全部に、レーザ光83（例えば、KrFエキシマレーザ光やXeClエキシマレーザ光など）を照射する。

【0092】

こうして、図21(b)に示すように、大粒径の結晶を有する多結晶半導体膜または単結晶化半導体膜84が生成される。次に、図21(c)に示すように、フォトリソグラフィ技術を用いて多結晶半導体膜または単結晶化半導体膜84を島状の半導体膜85に加工し、ゲート絶縁膜86として膜厚20nm～100nmのSiO₂膜を化学気相成長法やスパッタ法などを用いて成膜する。さらに、図21(d)に示すように、ゲート電極87（例えば、シリサイドやMoWなど）を形成し、ゲート電極87をマスクにして不純物イオン88（Nチャネルトランジスタの場合にはリン、Pチャネルトランジスタの場合にはホウ素）を注入する。その後、窒素雰囲気中でアニール処理（例えば、450℃で1時間）を行い

、不純物を活性化する。

【0093】

次に、図21(e)に示すように、層間絶縁膜89を成膜してコンタクト穴をあけ、チャンネル90でつながるソース91およびドレイン92に接続するソース電極93およびドレイン電極94を形成する。このとき、図21(a)および(b)に示す工程において生成された多結晶半導体膜または単結晶化半導体膜84の大粒径結晶の位置に合わせて、チャンネル90を形成する。以上の工程により、多結晶トランジスタまたは単結晶化半導体トランジスタを形成することができる。こうして製造された多結晶トランジスタまたは単結晶化トランジスタは、液晶ディスプレイやEL（エレクトロルミネッセンス）ディスプレイなどの駆動回路や、メモリ（SRAMやDRAM）やCPUなどの集積回路などに適用可能である。

【0094】

なお、上述の各実施形態では、結晶化装置および方法に対して本発明を適用しているが、これに限定されることなく、一般に所定面上において所定の光強度分布を形成するためのマスク、およびこのマスクを用いて所定面に設置された基板上に所定の光強度分布を形成する露光方法に対して本発明を適用することもできる。

【0095】

【発明の効果】

以上説明したように、本発明では、中間的な光強度分布を任意に形成することができるマスクを用いて、被処理基板上で得られる逆ピークパターンの光強度分布の形態を全体的に制御することができるので、所望の位置に結晶核を発生させることができるとともに、結晶核からの十分なラテラル成長を実現して大粒径の結晶化半導体膜を生成することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本発明の第1実施形態にかかる結晶化装置の構成を概略的に示す図である。

【図2】

第 1 実施形態におけるマスクの基本単位部分の構成および作用を概略的に示す図である。

【図 3】

第 1 変形例にかかるマスクの基本単位部分の構成および作用を概略的に示す図である。

【図 4】

図 3 の光散乱層の作用を概略的に示す図である。

【図 5】

光の散乱について基本的に説明する図である。

【図 6】

第 1 変形例にかかるマスクの製造実施例および使用実施例を概略的に説明する図である。

【図 7】

第 2 変形例にかかるマスクの基本単位部分の構成および作用を概略的に示す図である。

【図 8】

第 2 変形例にかかるマスクの製造実施例および使用実施例を概略的に説明する図である。

【図 9】

第 3 変形例にかかるマスクの基本単位部分の構成および作用を概略的に示す図である。

【図 1 0】

第 3 変形例にかかるマスクの屈折面を段差形状に形成した場合に得られる光強度分布に関するシミュレーション結果を示す図である。

【図 1 1】

第 4 変形例にかかるマスクの基本単位部分の構成および作用を概略的に示す図である。

【図 1 2】

第 4 変形例にかかるマスクの基本的な回折作用を概略的に説明する図である。

【図 1 3】

第 4 変形例にかかるマスクの製造実施例および使用実施例を概略的に説明する図である。

【図 1 4】

本発明の第 2 実施形態にかかる結晶化装置の構成を概略的に示す図である。

【図 1 5】

本発明の第 3 実施形態にかかる結晶化装置の構成を概略的に示す図である。

【図 1 6】

本発明の第 4 実施形態にかかる結晶化装置の構成を概略的に示す図である。

【図 1 7】

本発明の第 5 実施形態にかかる結晶化装置の要部構成および作用を概略的に示す図である。

【図 1 8】

光反射層と光吸収層とにより一体的に構成されたマスクの製造実施例および使用実施例について概略的に説明する図である。

【図 1 9】

本発明の第 6 実施形態にかかる結晶化装置の要部構成および作用を概略的に示す図である。

【図 2 0】

二値的分布特性を有するマスクの製造実施例および使用実施例について概略的に説明する図である。

【図 2 1】

各実施形態の結晶化装置を用いて電子デバイスを作製する工程を示す工程断面図である。

【図 2 2】

従来のライン型の位相シフトマスクを用いたときに被処理基板上で得られる光強度分布を示す図である。

【符号の説明】

1, 1 1, 2 1, 3 1, 4 1 マスク

2 照明系

2 a K r F エキシマレーザ光源

2 b ビームエキスパンダ

2 c, 2 e フライアイレンズ

2 d, 2 f コンデンサー光学系

3 被処理基板

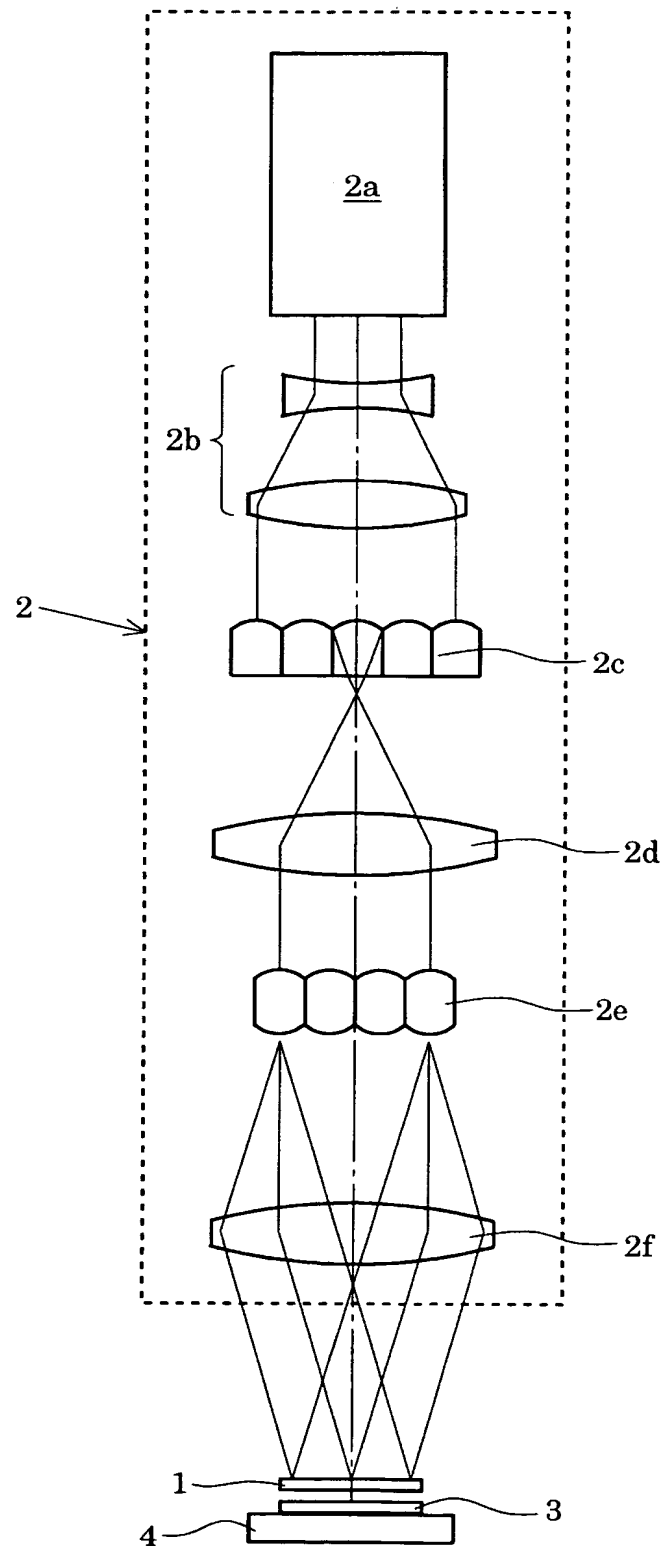
4 基板ステージ

5, 6 結像光学系

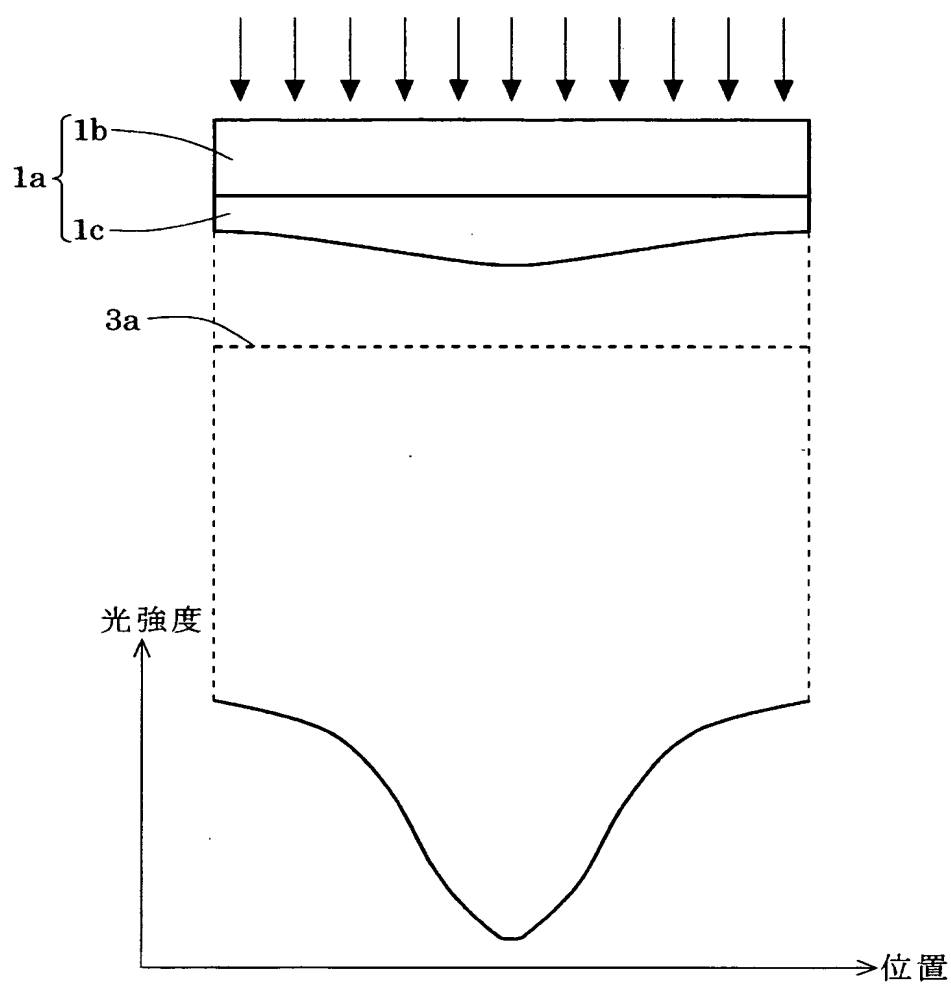
【書類名】

図面

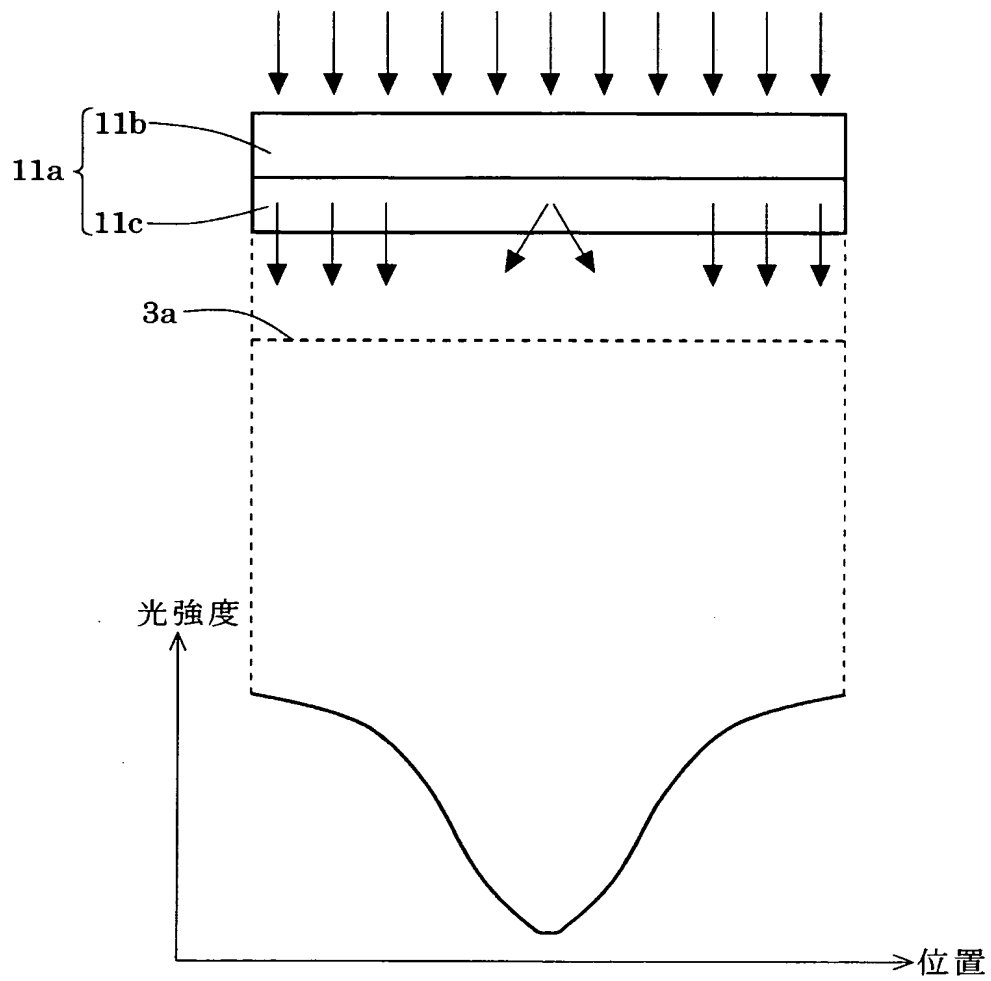
【図 1】



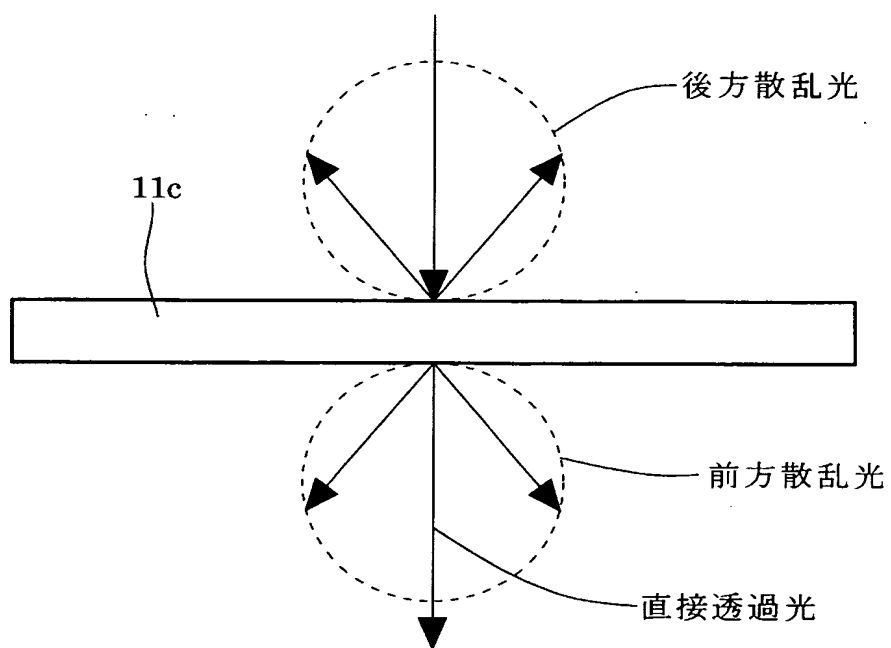
【図 2】



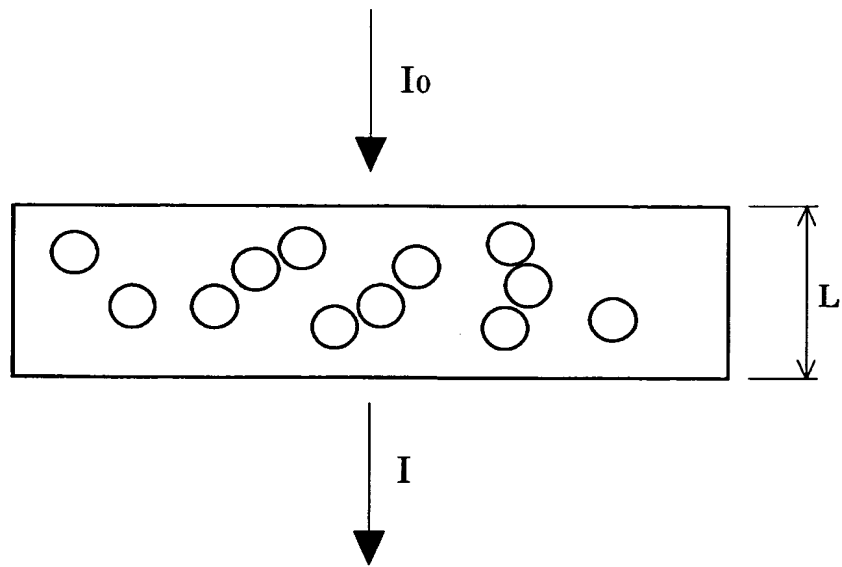
【図 3】



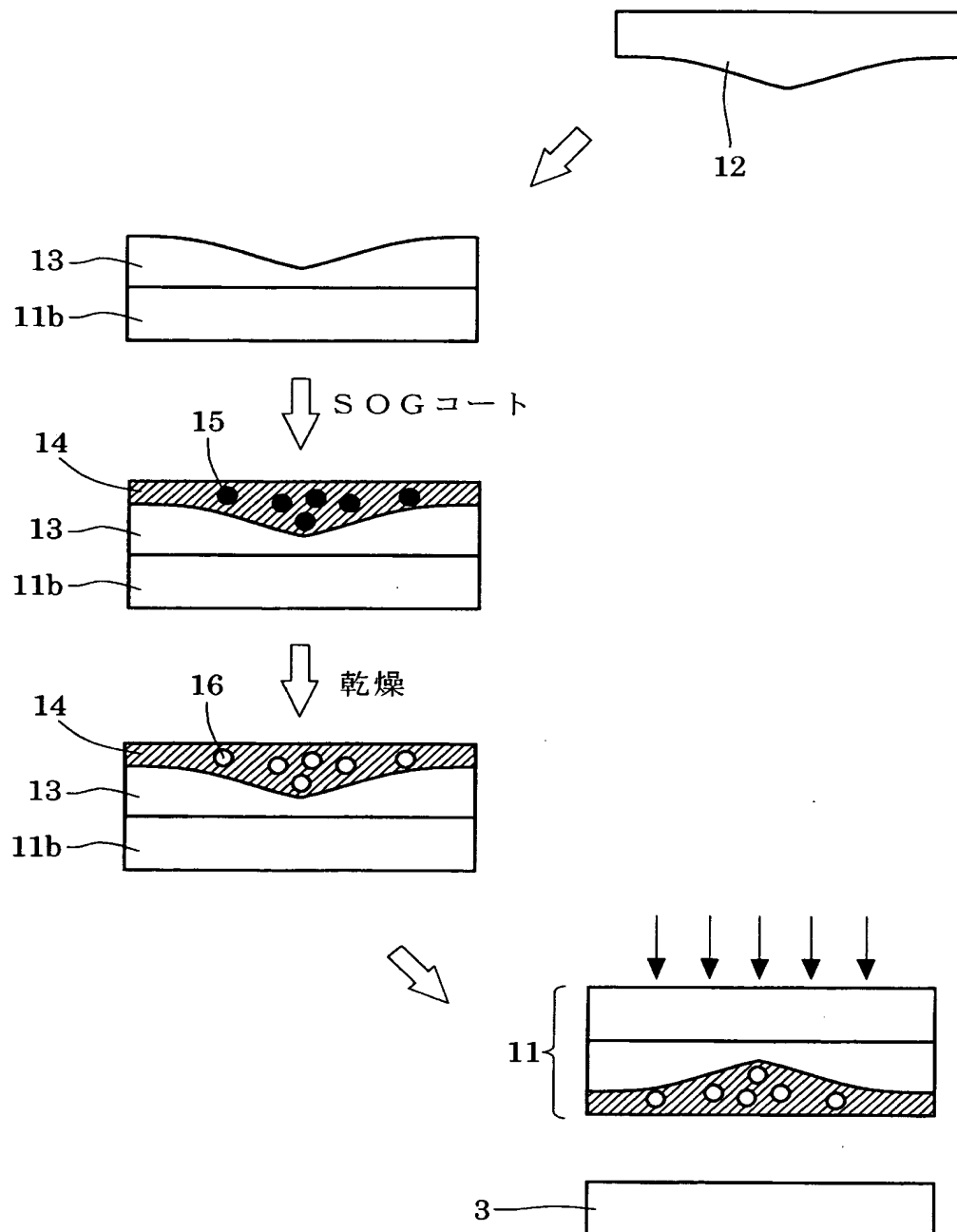
【図 4】



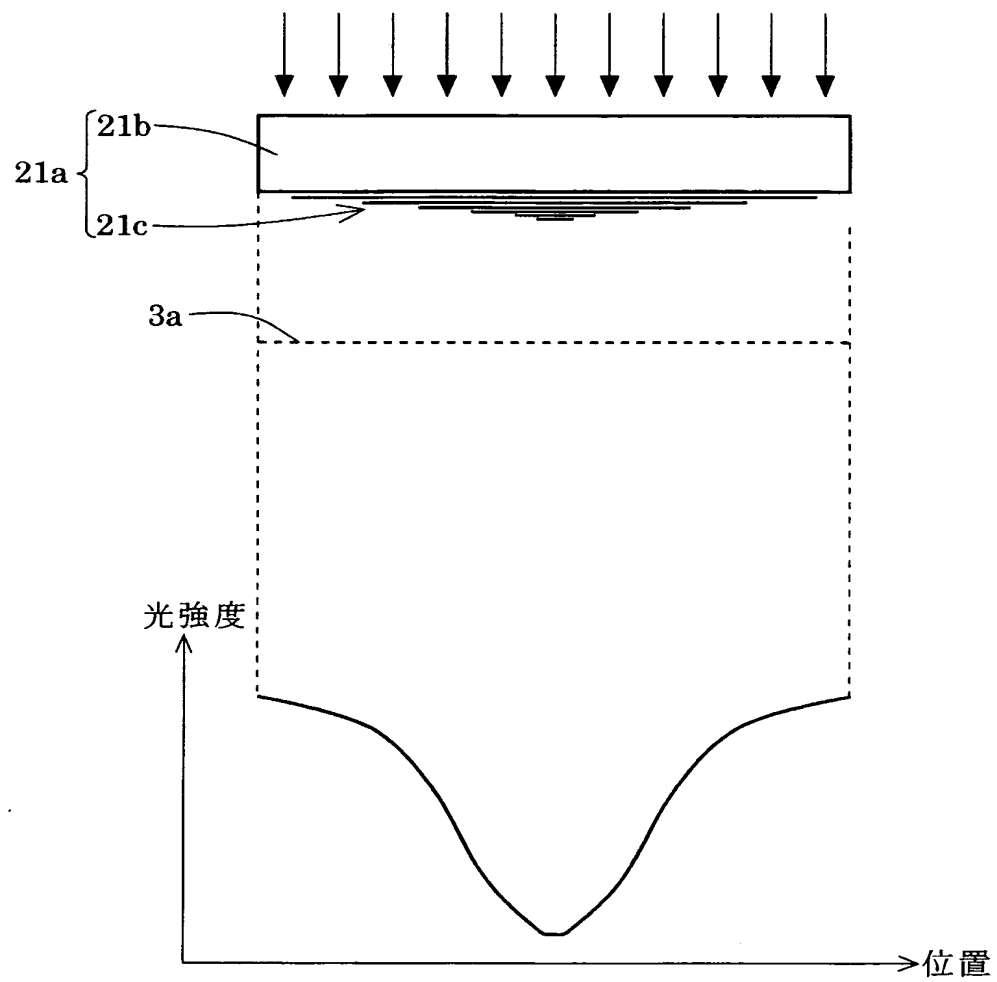
【図 5】



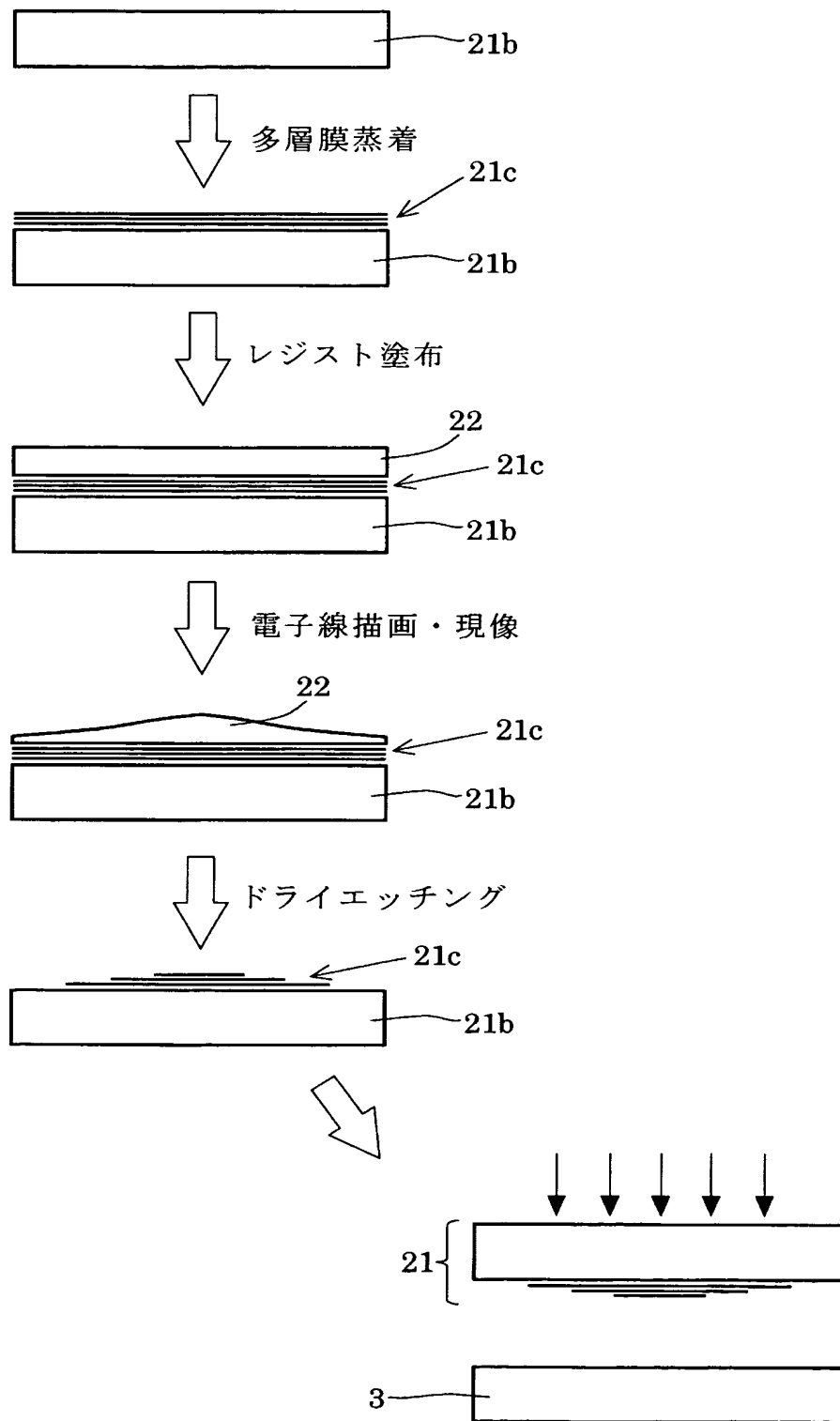
【図 6】



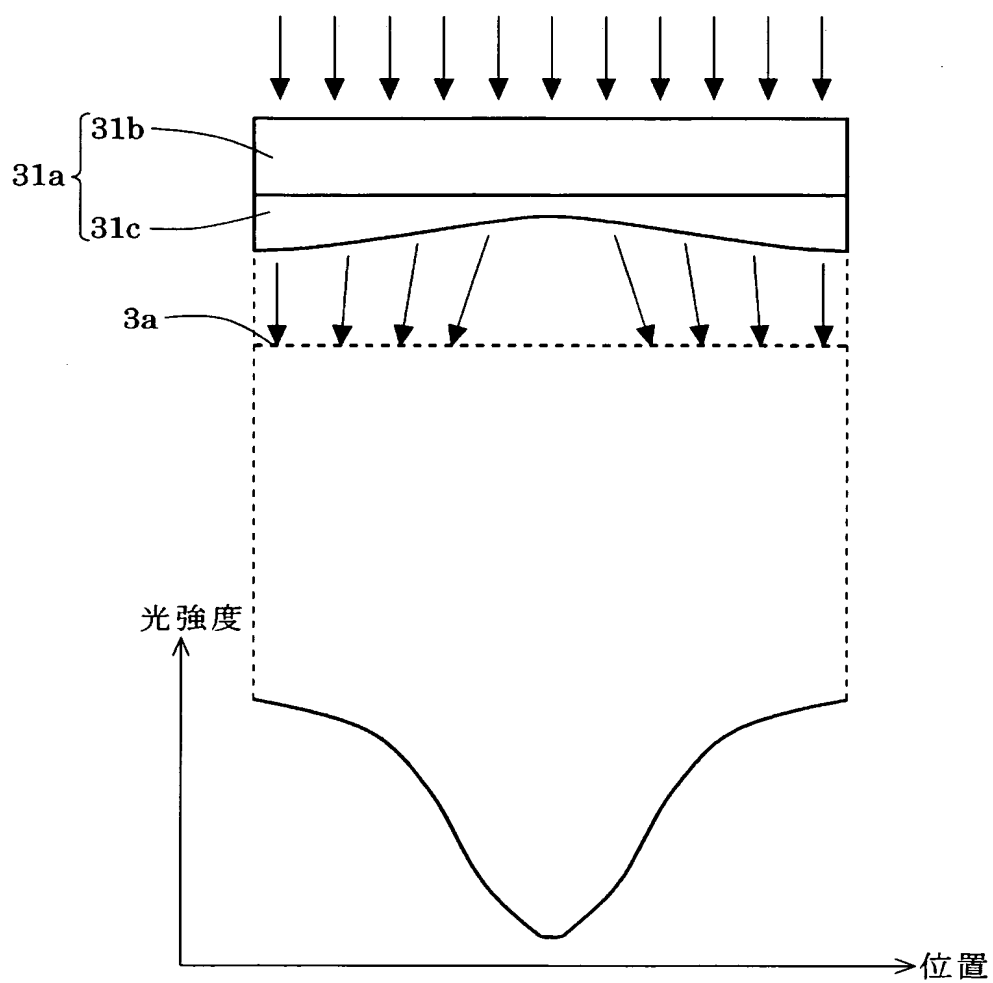
【図 7】



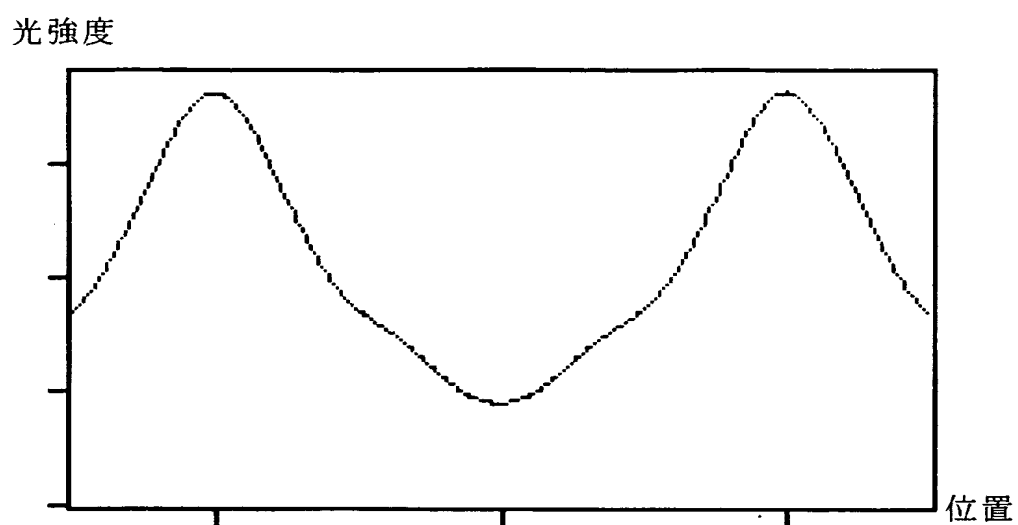
【図 8】



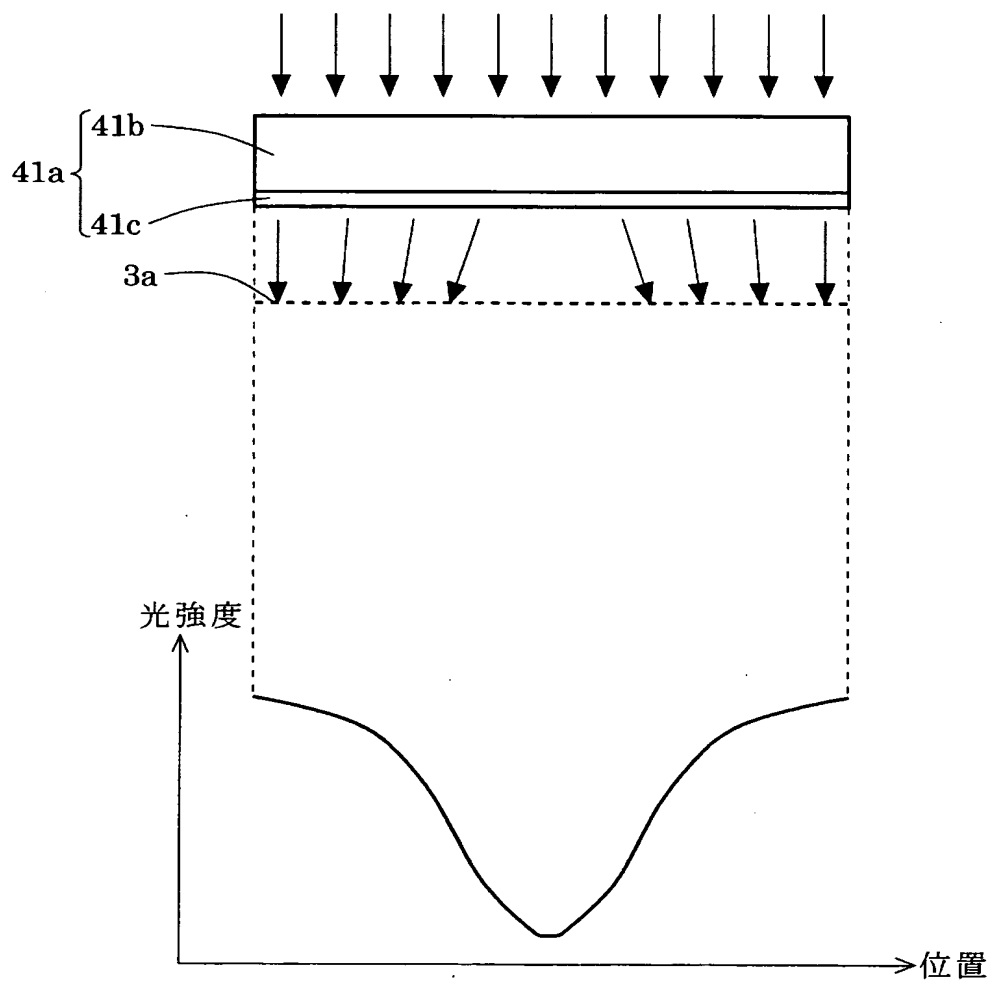
【図 9】



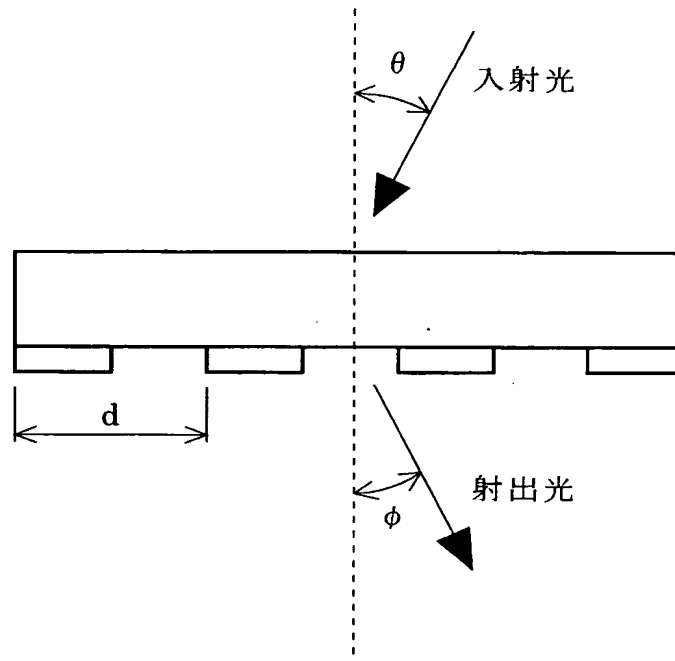
【図 1 0】



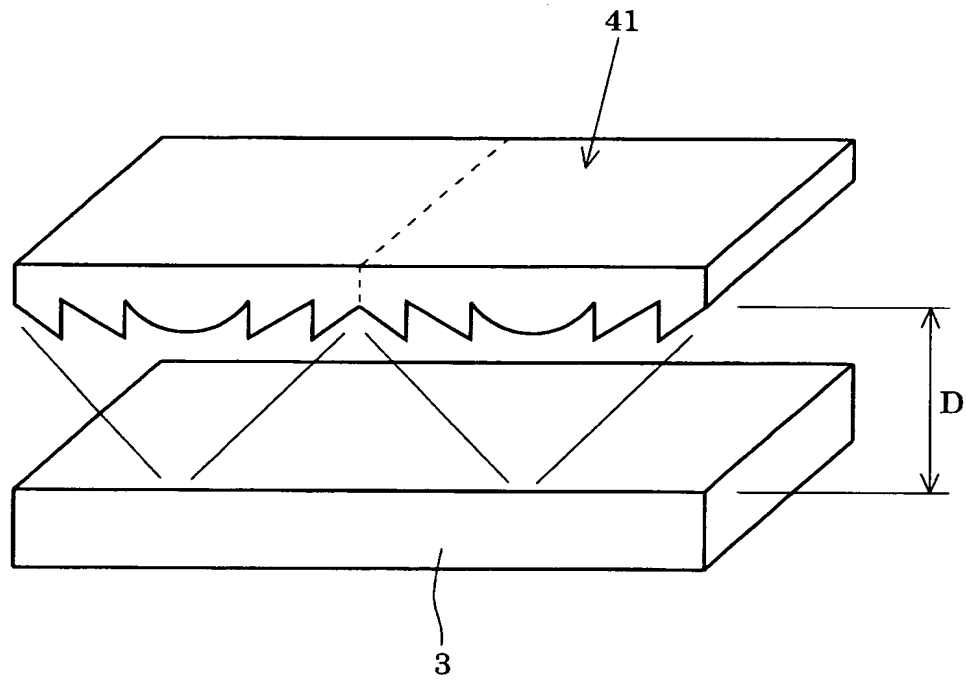
【図 11】



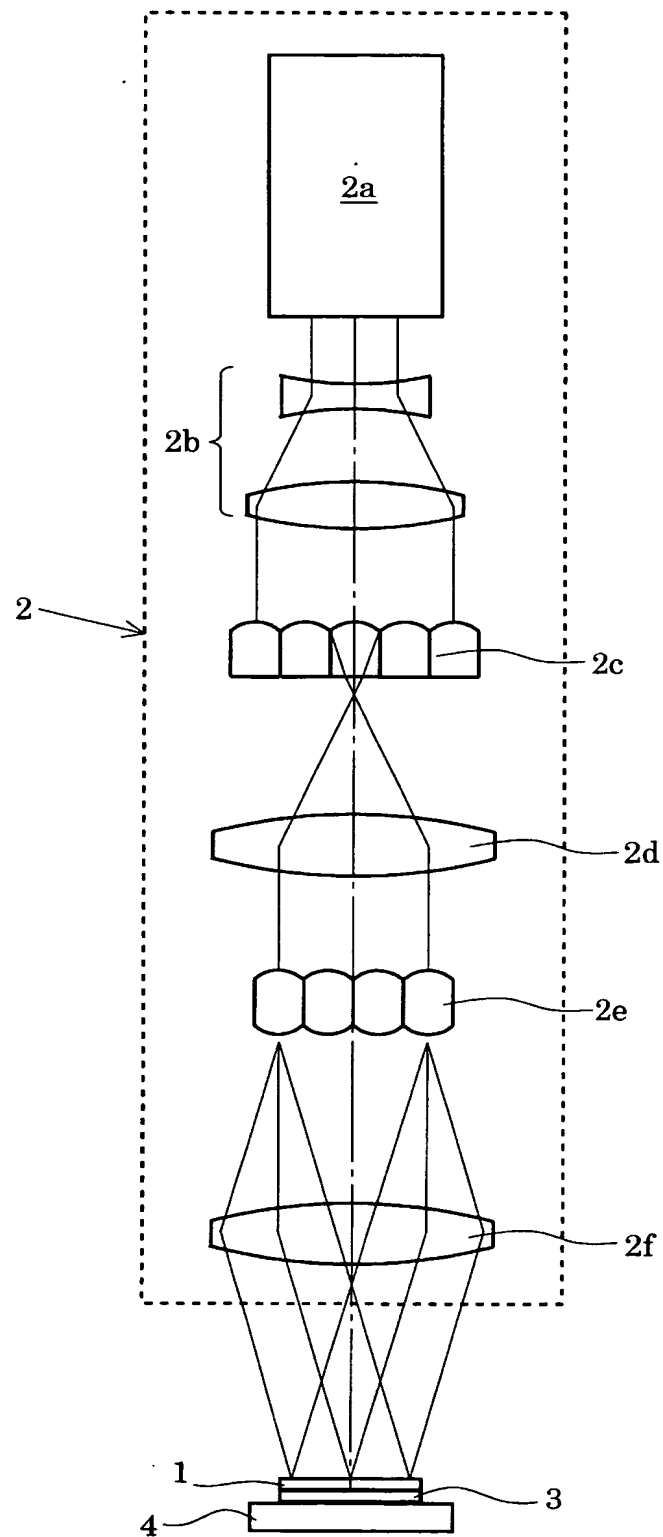
【図 12】



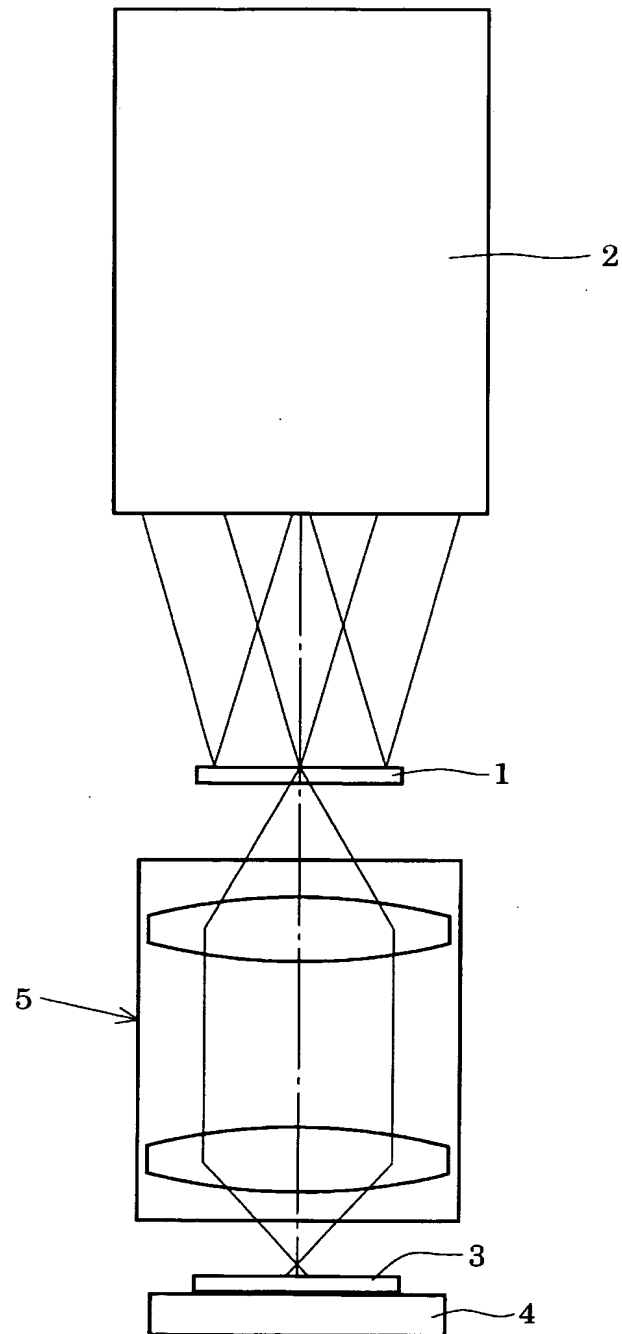
【図 13】



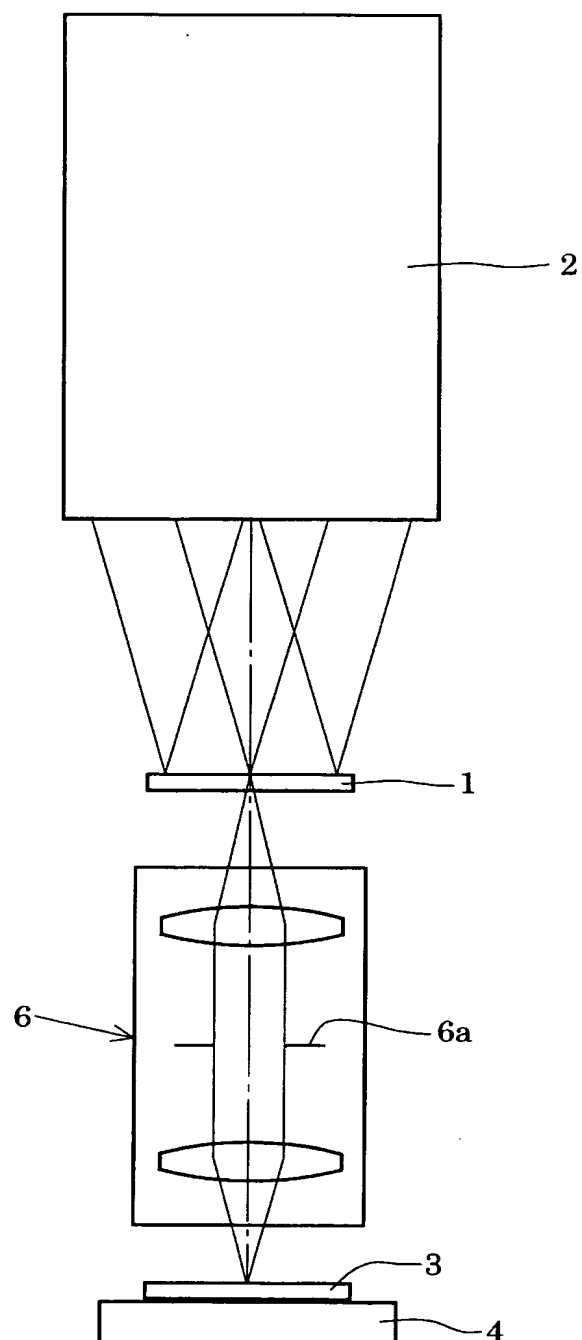
【図 14】



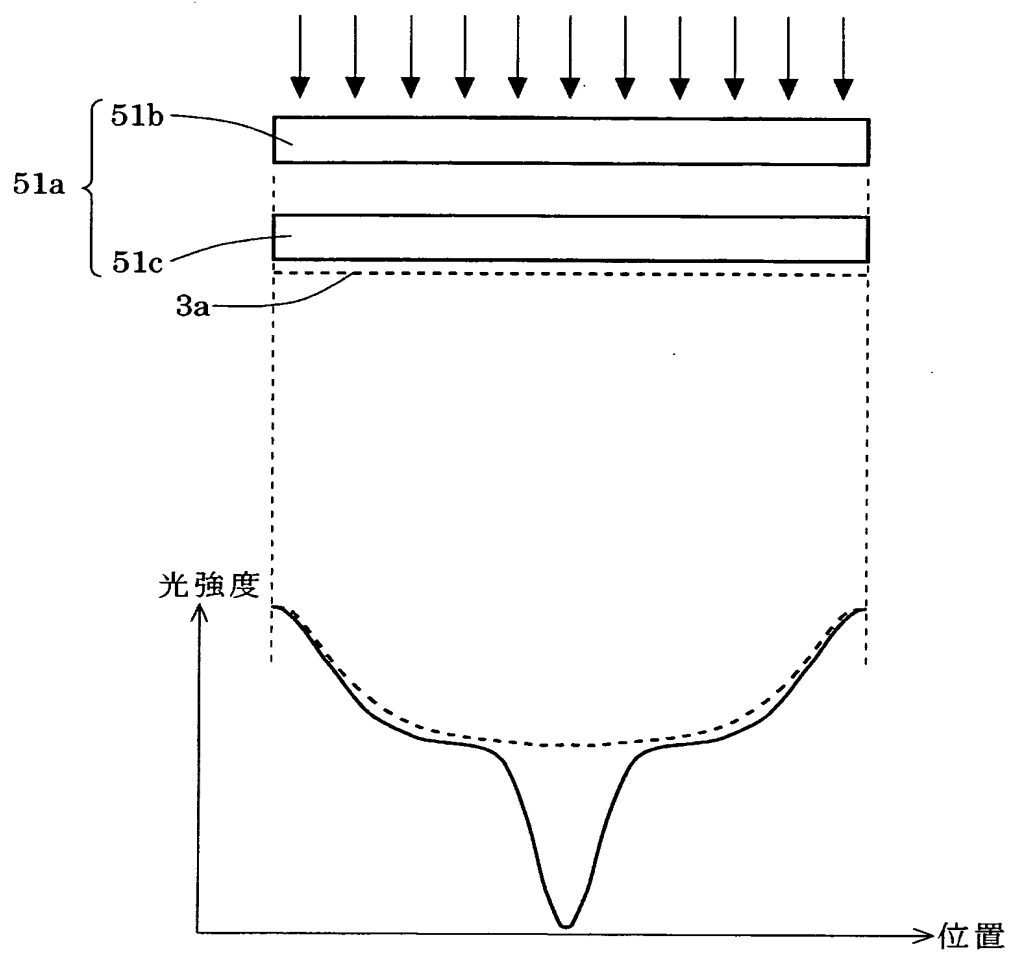
【図 15】



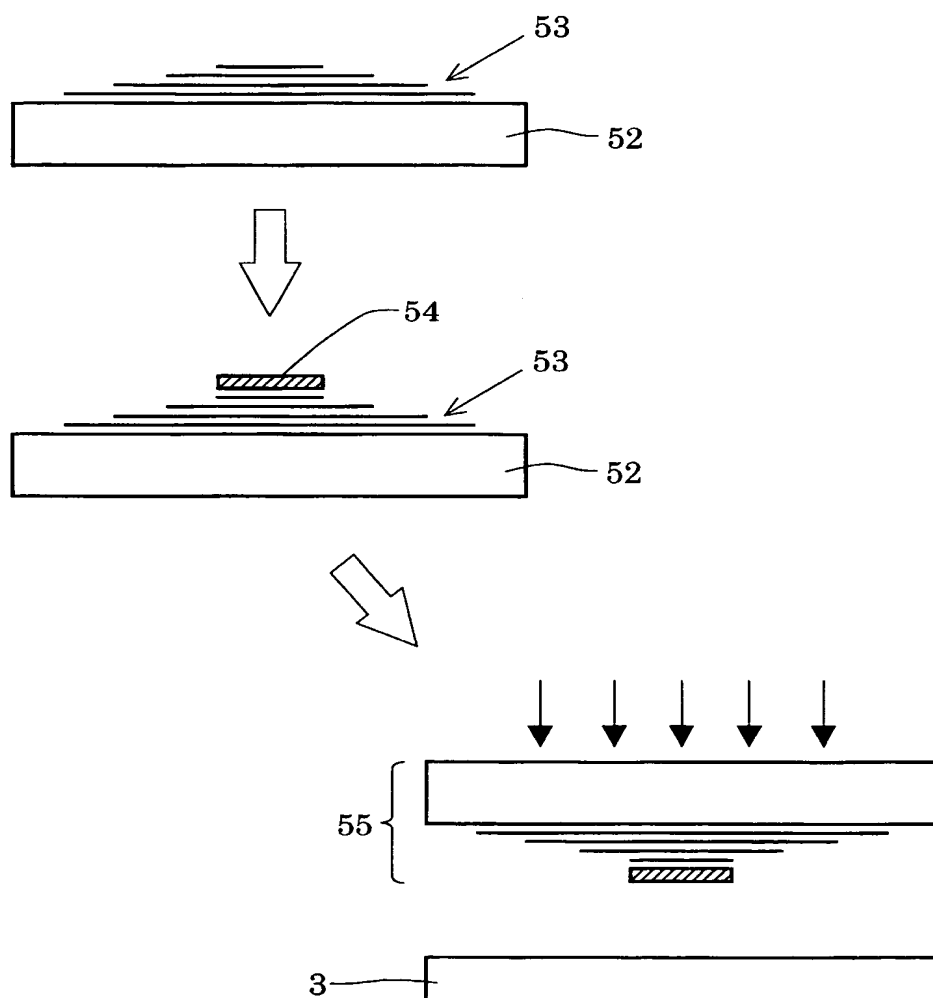
【図 16】



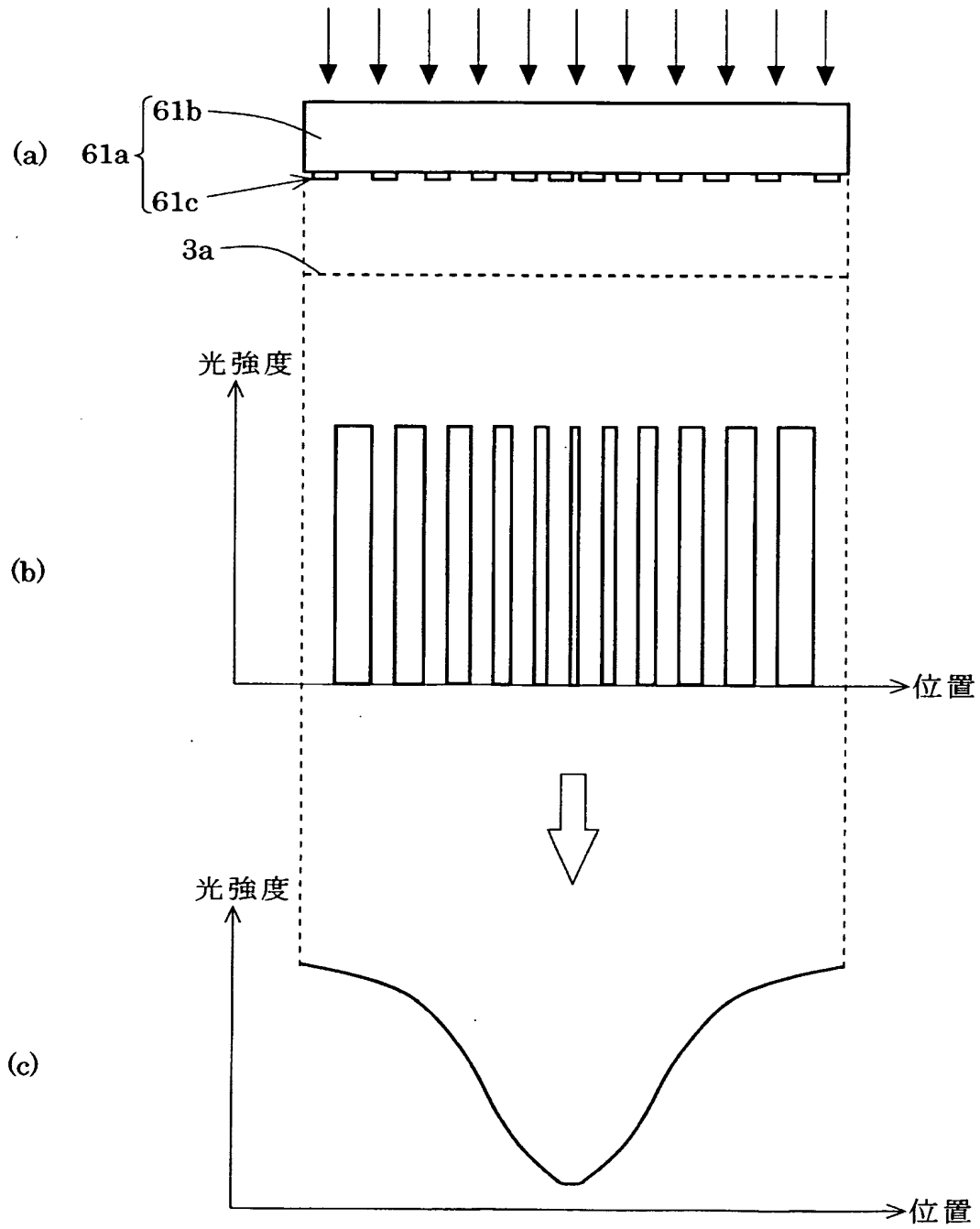
【図 17】



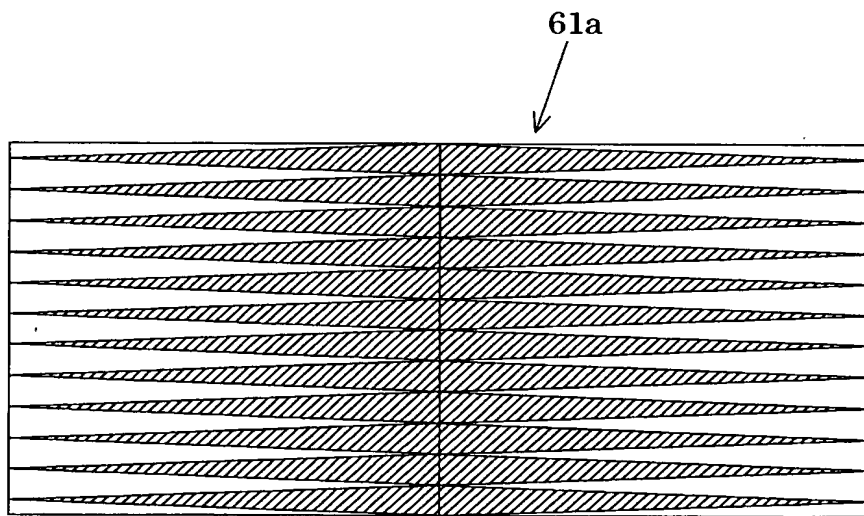
【図 18】



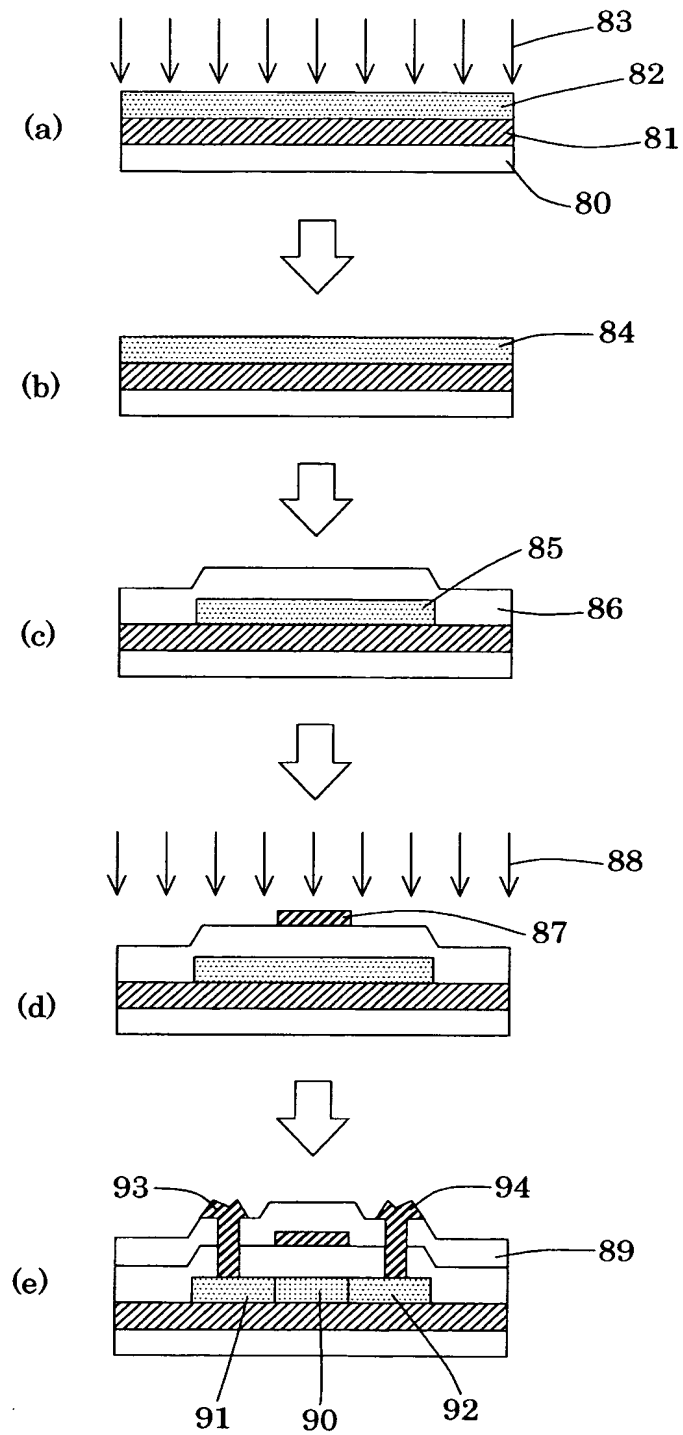
【図 19】



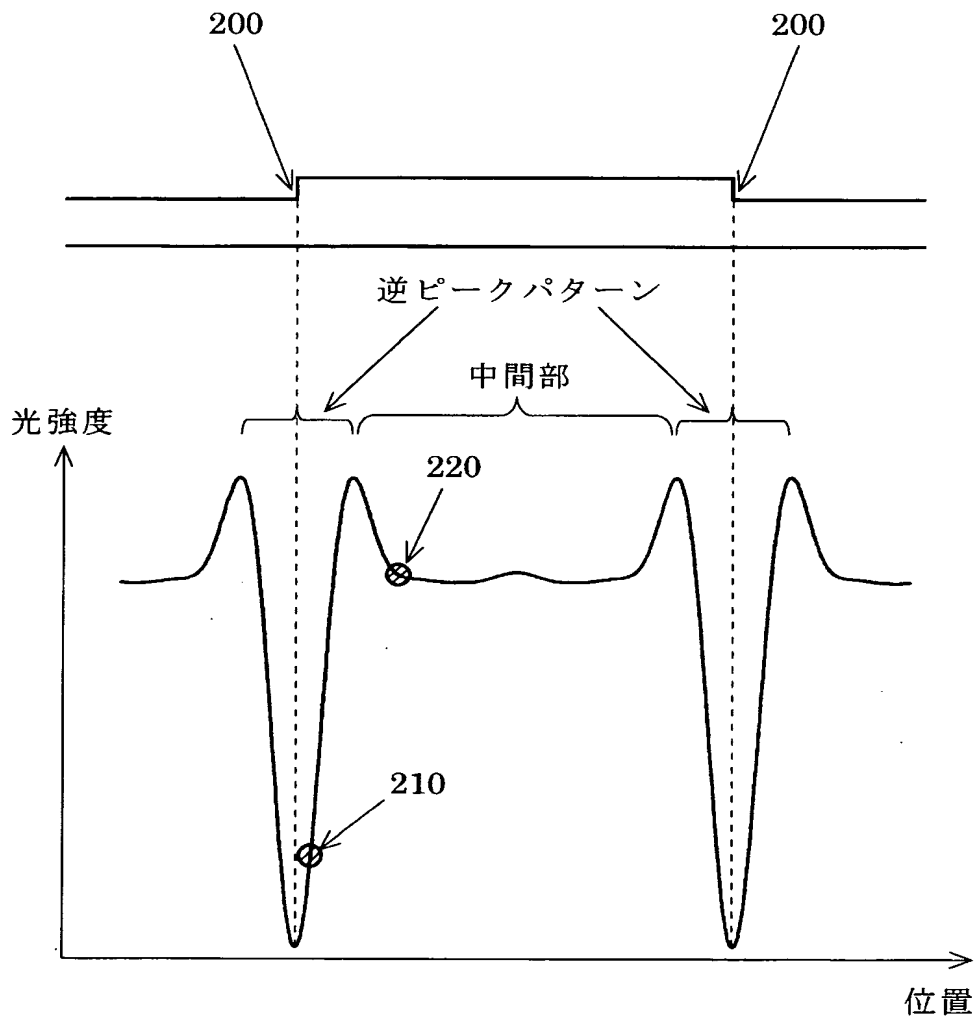
【図 20】



【図 21】



【図 22】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 所望の位置に結晶核を発生させることができるとともに、結晶核からの十分なラテラル成長を実現して大粒径の結晶化半導体膜を生成することのできる結晶化装置。

【解決手段】 マスク（１）を照明する照明系（２）を備え、マスクを介して逆ピークパターンの光強度分布を有する光を半導体膜（３）に照射して結晶化半導体膜を生成する結晶化装置。マスクは、逆ピークパターンの光強度分布に応じた光吸収特性を有する光吸収層、光散乱特性を有する光散乱層、光反射特性を有する光反射層、光屈折特性を有する光屈折層、または光回折特性を有する光回折層を備えている。

【選択図】 図 1



認定・付加情報

特許出願の番号	特願 2 0 0 2 - 3 1 9 2 6 7
受付番号	5 0 2 0 1 6 5 5 1 1 1
書類名	特許願
担当官	第四担当上席 0 0 9 3
作成日	平成 1 4 年 1 1 月 5 日

< 認定情報・付加情報 >

【提出日】 平成14年11月 1日

次頁無

特願 2 0 0 2 - 3 1 9 2 6 7

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[5 0 1 2 8 6 6 5 7]

1. 変更年月日

2 0 0 1 年 7 月 1 8 日

[変更理由]

新規登録

住 所

神奈川県横浜市戸塚区吉田町 2 9 2 番地

氏 名

株式会社 液晶先端技術開発センター